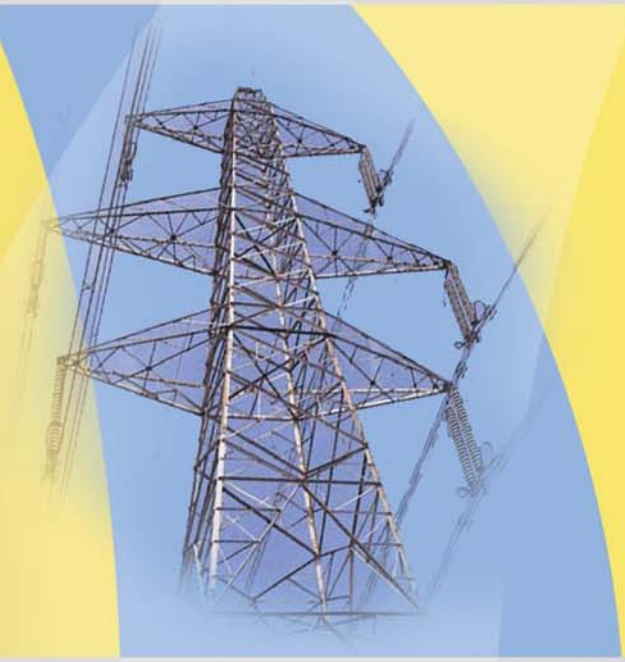
المملكة العربية السعودية
المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني
الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج



تخصص قوى كهربائية

صيانة نظم القوى الكهربائية

٢٦٣ كهر

طبعة ١٤٢٩ هـ

مقدمة

الحمد لله وحده، والصلاة والسلام على من لا نبي بعده، محمد وعلى آله وصحبه، وبعد:

تسعى المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني لتأهيل الكوادر الوطنية المدربة القادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل، ويأتي هذا الاهتمام نتيجة للتوجهات السديدة من لدن قادة هذا الوطن التي تصب في مجملها نحو إيجاد وطن متكامل يعتمد ذاتياً على موارده وعلى قوة شبابه المسلح بالعلم والإيمان من أجل الاستمرار قدماً في دفع عجلة التقدم التنموي: لتصل بعون الله تعالى لمصاف الدول المتقدمة صناعياً.

وقد خطت الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج خطوة إيجابية تتفق مع التجارب الدولية المتقدمة في بناء البرامج التدريبية، وفق أساليب علمية حديثة تحاكي متطلبات سوق العمل بكافة تخصصاته لتلبي متطلباته ، وقد تمثلت هذه الخطوة في مشروع إعداد المعايير المهنية الوطنية الذي يمثل الركيزة الأساسية في بناء البرامج التدريبية، إذ تعتمد المعايير في بنائها على تشكيل لجان تخصصية تمثل سوق العمل والمؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني بحيث تتوافق الرؤية العلمية مع الواقع العملي الذي تفرضه متطلبات سوق العمل، لتخرج هذه اللجان في النهاية بنظرة متكاملة لبرنامج تدريبي أكثر التصاقاً بسوق العمل، وأكثر واقعية في تحقيق متطلباته الأساسية.

وتتناول هذه الحقيبة التدريبية " **صيانة نظم القوى الكهربائية** " لمتدربي تخصص " **قوى كهربائية**" في الكليات التقنية موضوعات حيوية تتناول كيفية اكتساب المهارات اللازمة لهذا التخصص.

والإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج وهي تضع بين يديك هذه الحقيبة التدريبية تأمل من الله عز وجل أن تسهم بشكل مباشر في تأصيل المهارات الضرورية اللازمة، بأسلوب مبسط يخلو من التعقيد، وبالاستعانة بالتطبيقات والأشكال التي تدعم عملية اكتساب هذه المهارات.

والله نسأل أن يوفق القائمين على إعدادها والمستفيدين منها لما يحبه ويرضاه: إنه سميع مجيب الدعاء.

الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج

صيانة نظم القوى الكهربائية

مقدمة عن أهمية الصيانة

مقدمة عن أهمية الصيانة

١

الجدارة:

الأهداف:

عندما تكمل هذا الفصل تكون :

١. ملما بأهداف صيانة المعدات الكهربائية .

٢. ملما بتخطيط برامج الصيانة ومعرفة اعتبارات الصيانة ومتطلباتها .

مستوى الأداء المطلوب:

الوقت المتوقع للتدريب: ٤ساعات

الوسائل المساعدة:

استخدام التعليمات في هذا الفصل .

متطلبات الجدارة:

يجب التدرب على جميع المهارات المهارات الموجودة بالوحدة .

الفصل الأول : مقدمة عن أهمية الصيانة
Introduction to Maintenance Importance

الصيانة هي عملية إبقاء الآلات والمعدات والماكينات وبالتإلى إبقاء المنظومات تعمل في حالة جيدة، ولقد مرت الصيانة بمراحل مختلفة من التطور حيت بدأت بأسلوب ردة الفعل بمعنى إصلاح المعدة إذا تعطلت وعدم القيام بأي نشاط إذا كانت الماكينة تعمل بشكل جيد. ثم تطورت إلى اتخاذ بعض الإجراءات لتلافي المشاكل التي كانت تحدث بسبب استخدام أسلوب ردة الفعل فظهرت أسإلىب متعددة ومختلفة للصيانة نوجز منها ما يلي :

١. الصيانة الدورية **Routine or Periodical Maintenance** : والتي تعد وتصمم من قبل الشركات المنتجة للآلات والمعدات والماكينات التي تمثل عناصر المنظومات على حسب غرض الاستخدام والمواصفات الفنية لهذه العناصر دون الأخذ في الاعتبار لظروف التشغيل والظروف المناخية المحيطة بهذه العناصر ، ويعتمد هذا النوع من الصيانة على انقضاء فترة زمنية معينة للقيام بعمل فحص أو تغيير بعض الأجزاء أو إعادة إعمار المعدات ، ولكنها في بعض الأحيان تكون شيئا صورياً لا يتم أخذه بجدية وقد لا يتم تنفيذ معظم بنوده أو يتم تنفيذها في غير مواعيدها وبصورة غير متقنة، وتعتمد فترات الصيانة الدورية على ما هو مذكور في كتيب تشغيل وصيانة المعدات أي توصيات المنتج، وكذلك خبرة العاملين وسجل تاريخ صيانة هذه المعدات .

٢. الصيانة الوقائية **Preventive Maintenance**: والتي تعتمد فكرتها على أن لكل آلة أو معدة أو ماكينة وكذلك لكل جزء من أجزائها عمراً افتراضياً معيناً يمكن حسابه بالتقريب وعلى ذلك فإنه قبل موعد انتهاء هذا العمر الافتراضي يتم استبداله وبذلك يتم تجنب حدوث الكثير من الأعطال غير المتوقعة التي كانت تحدث في السابق ، ومع ذلك فإن احتمال حدوث أعطال غير متوقعة مازال واردا حيث يمكن أن تتعرض الماكينات والمعدات لظروف تشغيل قاسية مما يعجل بموعد تلف أحد أجزائها، كما أن احتمال تغيير واستبدال بعض الأجزاء وهي في حالة جيدة يكون واردا مما يعني خسارة مادية كبيرة .

٣. الصيانة التنبؤية **Predictive Maintenance**: وتعتبر من أحدث أسإلىب الصيانة ، وتعتمد على مراقبة حالة الماكينات أو المعدات *condition monitoring* من أجل التنبؤ بنوع وميعاد العطل قبل حدوثه مما يترتب عليه توفير مال أكثر من أى نوع من أنواع الصيانة الاخرى (سواء الصيانة

الدورية أو الوقائية) لأن الاصلاحات تتم فقط عند الحاجة أي قبل حدوث العطل بالاضافة إلى أنها تكون مخططة ومدروسة وتحت السيطرة، ويتم ذلك باستخدام عدة تقنيات من أهمها:

- قياس الاهتزازات الميكانيكية وتحليلها Vibration Measurements and Analysis
- الفحص البصري Visual Inspection
- تحليل الزيوت Oil Analysis
- الأشعة فوق الصوتية Ultrasonic Testing
- الأشعة تحت الحمراء Infrared Thermography
- تحليل المحركات Motor Anlysis

و يتم الجمع حالياً في المجالات الصناعية المختلفة بين جميع أنواع الصيانة السابق ذكرها، فليس معنى أن الصيانة التنبؤية هي أحدث هذه الأساليب أن يتم استخدامها في جميع المجالات حيث إن تكلفة إنشاء نظم الصيانة التنبؤية تكون مكلفة جدا لذلك فإنها تطبق فقط على المعدات الحرجة أي غالية الثمن أو تلك التي تكون محورية في العملية الإنتاجية أو المنظومة ويمكن أن يتوقف الإنتاج أو تتعطل المنظومة بأكملها في حالة تعطل هذه الماكينات أو المعدات . أما باقي المعدات فيمكن عمل جدأول صيانة وقائية لها خاصة إذا كانت هذه المعدات لها عمر افتراضي محسوب ، كما أنه يوجد أيضا بعض المعدات أو الأجزاء التي يمكن تركها لتعمل بدون أية صيانة حتى يحدث بها عطل فيتم إصلاحه وهذه المعدات هي المعدات غير المهمة أي التي لا يترتب على توقفها توقف العملية الإنتاجية أو عمل المنظومات والتي تكون تكلفة عمل صيانة وقائية أو تنبؤية لها أكبر من تكلفة إصلاحها.

وطبقا لما سبق فإن إجراءات وبرامج الصيانة تعتبر من أهم الخطوات التي تحافظ على الأداء المستمر والصحيح لكافة المنظومات الصناعية وغيرها ، حيث توفر هذه البرامج والإجراءات أهم عوامل الأمان الصناعي لكافة الآلات والمعدات والممتلكات والأفراد العاملين في هذه المجالات .

وعادة تحتاج أي منظومة عاملة أيا كان نوعها إلى برامج مختلفة لعمليات الصيانة لتجنب الانهيارات والتلفيات التي تحدث في الآلات والمعدات والعناصر الأخرى للمنظومات نتيجة التقادم ومعدلات الاستهلاك لتلك العناصر ، إضافة إلى تجنب الآثار الناتجة عن ظروف التشغيل والظروف البيئية والمناخية المحيطة بعناصر المنظومات .

ونظرا للأهمية الكبيرة لبرامج الصيانة بالنسبة لكافة المنظومات والعناصر فإن إدارات الصيانة والمسؤولين عنها يهتمون دائما بالتخطيط والتصميم الجيد لبرامج الصيانة على اختلاف أنواعها وأهدافها ، كما تعمل هذه الإدارات على أن تؤخذ في الاعتبار الإجراءات الاحترازية قبل القيام بعمليات الصيانة مثل :

١. إتباع الإرشادات الخاصة بالسلامة المهنية بدقة .
٢. إرتداء الملابس والأدوات الخاصة عند القيام بعمليات الصيانة .
٣. توفر المعلومات اللازمة مثل الرسومات ومخزون قطع الغيار وغير ذلك .
٤. التنسيق الجيد بين أعمال الصيانة والاستخدام الأمثل للموارد .
٥. التفاعل مع باقي الإدارات لتحقيق التكامل في أداء عمليات الصيانة وتجنب التعطل .
٦. الحرص على وجود تصاريح الصيانة على أن تكون سارية المفعول ومعبأة من قبل المسؤول عن الصيانة .

١-١ لماذا نقوم بالصيانة ؟ Why do we maintain?

تعتبر منظومات القوى الكهربائية من أهم علامات التطور الصناعي والتكنولوجي في البلدان والمجتمعات المختلفة، وقد نشأت الحاجة إلى التحكم ومتابعة تشغيل وصيانة هذه المنظومات نظرا لكبر حجمها وازدياد التعقيد في تركيبها ، ويعتبر تلف واستهلاك المعدات الكهربائية شيئا طبيعيا حيث تبدأ هذه العملية بمجرد الانتهاء من عمليات التركيب والتشغيل، وإذا لم تجرى بعض الاختبارات ضد التلف فإنه قد ينتج عن ذلك عدم التشغيل الصحيح إضافة إلى الانهيارات للمعدات والآلات الكهربائية وما قد يترتب على ذلك من خسائر في الأرواح والمعدات والممتلكات . من هنا تأتي أهمية برامج الاختبارات والصيانة الدورية والوقائية بهدف الاكتشاف المبكر لعوامل التلف في المعدات والآلات الكهربائية ومعالجة أسبابها تجنبا للمخاطر التي قد تؤدي إلى الانهيارات أو فصل الخدمة الكهربائية ومن أهم المكاسب لبرامج الاختبارات والصيانة ما يلي :

١ – مكاسب مباشرة :

وتتلخص هذه المكاسب في الآتي :

- تقليل الحوادث الطارئة غير المتوقعة .
- تقليل عدد مرات فصل الخدمة وإطالة الفترة الزمنية بين الأخطاء .

- انخفاض تكاليف الإصلاح وتحسين اقتصاديات الصيانة .
- انخفاض زمن التعطل للآلات والمعدات و زيادة موثوقيتها .
- تحسن عوامل الأمان للأفراد والممتلكات .
- اكتشاف العيوب والأخطاء في المنظومات سواء في التصميمات الأصلية أو التي تنتج لاحقا نتيجة التغيرات التي تطرأ على هذه المنظومات .
- تبسيط محتويات السجلات الخاصة بالصيانة .
- تحسين خطط التشغيل للآلات والمعدات وخطط التحميل للأفراد

٢ – مكاسب غير مباشرة :

وتتعلق هذه المكاسب بالعاملين ، وتتلخص في الآتي :

- وجود عمالة جيدة .
- زيادة الإنتاجية للعاملين .
- تطوير وتحسين التدريب على رأس العمل بالنسبة للأفراد .
- تطوير وتحسين الإدارة .

١ – ٢ تخطيط برامج الصيانة Maintenance Programs Planning

المقصود بعملية تخطيط برامج الصيانة في أبسط تعبير هو الوصول إلى برامج صيانة وقائية للمنظومات بكل ماتحويه من عناصر وأجهزة وآلات ومعدات وتحديد متطلبات ومواعيد إجراءات الصيانة وتوفير قطع الغيار والوصول إلى الاستخدام الأمثل لمصادر هذه المنظومات .

ويتم تخطيط برامج الصيانة بحيث توضح بالتفصيل خطوات وإجراءات الصيانة اللازمة ، وعدد مرات تكرار هذه الإجراءات ، وكيفية تنفيذها ، والقائمين على التنفيذ لكل جزء من المعدات والآلات في المنظومة بناء على خبرات هندسية وعملية بمواصفات تقنية قياسية ، كما يجب أن تسجل هذه المعلومات خطوة بخطوة تفصيليا على كروت خاصة يطلق عليها كروت احتياجات الصيانة Maintenance Requirement Cards حيث تحتوي هذه الكروت على المعومات التالية :

- تحديد من يقوم بعملية الصيانة
- موعد التنفيذ
- كيفية التنفيذ
- تحديد مكان الجزء الذي تجرى عليه الصيانة
- مصادر تغطية متطلبات هذه الصيانة

ويجب أن يراعى في تخطيط هذه البرامج للصيانة الوقائية أن تمثل القدر الأدنى من الصيانة التي تحفظ الآلات والمعدات في حالات التشغيل الصحيح والكاملة ، وأن تكون هذه البرامج مرنة بقدر كاف وقابلة للتعديل لتتوافق مع ظروف عمل وتشغيل المنظومات وتغيراتها .

وللتعرف على طرق وكيفية صيانة نظم القوى الكهربائية يلزم أولا المراجعة السريعة لعناصر منظومات القوى ونظم توزيع القدرة الكهربائية .

١ – ٣ مراجعة لعناصر منظومات القوى ونظم توزيع القدرة الكهربائية

Elements of Electrical Power Systems & Distribution Systems

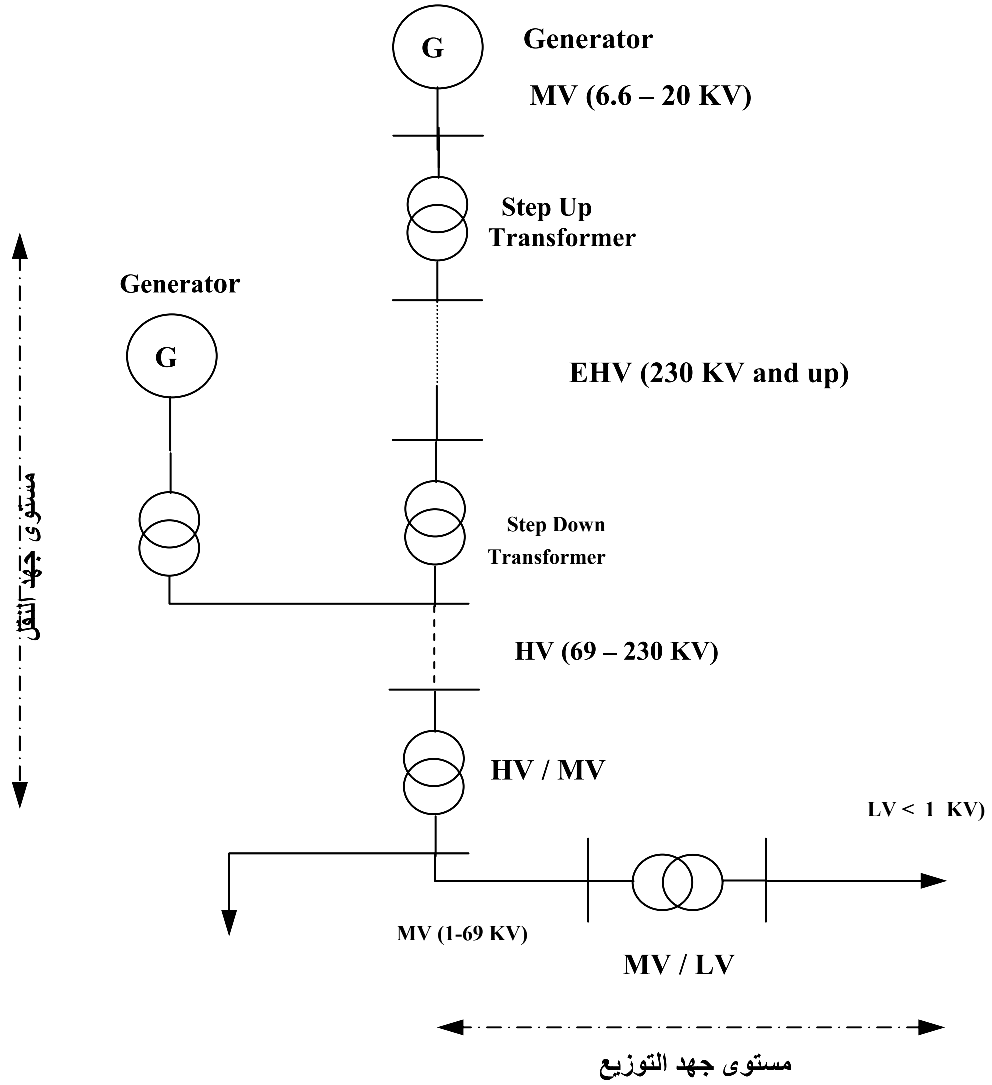
تتكون منظومات القوى الكهربائية الحديثة ذات التيار المتردد من العناصر التالية :

- محطات توليد القدرة الكهربائية — Electric Power Generation stations
- محطات محولات الرفع — Step-up Transformer Substations
- خطوط نقل القدرة الكهربائية — Transmission Lines
- محطات محولات الخفض — Step-down Transformer Substations
- خطوط وشبكات التوزيع الابتدائي — Primary Distribution Networks
- مجموعة محولات خدمة التوزيع — Service Transformers for Distribution
- خطوط وشبكات التوزيع الثانوي — Secondary Distribution Networks

ويمكن تقسيم هذه العناصر إلى ثلاث مجموعات رئيسة هي:

- مجموعة محطات التوليد — Generation stations
- مجموعة نظم وخطوط النقل — Transmission lines
- مجموعة شبكات ونظم التوزيع — Distribution networks

شكل (١- ١) يوضح نموذجاً عاماً لمنظومة قوى كهربائية حيث يتم توليد القدرة الكهربائية عند جهود مستويات التوليد (20 K.V , 13.8 K.V , 11 K.V and 6.6 K.V) ثم ترفع إلى جهود عالية أو فائقة بواسطة محولات رفع لتصل إلى مستويات الجهود على خطوط وشبكات النقل والتي تترأوح بين (66 K.V , 132 K.V , 220 K.V , 380 K.V and 400 K.V) ثم تنقل عبر هذه الخطوط إلى مسافات طويلة ، وفي المرحلة الأخيرة تغذى الأحمال الكهربائية بأنواعها الصناعية والتجارية والسكنية من خلال الخفض المتدرج لهذه الجهود العالية بواسطة محولات خفض لتصل إلى مستويات التوزيع الابتدائي (33 K.V , 20 K.V , 13.8 K.V , 11 K.V and 6.6 K.V) أو مستويات التوزيع الثانوي (380 / 220 volts or 220 / 110 volts) .



شكل (١- ١) – نموذج لمنظومة قوى كهربائية بمستويات الجهد المختلفة

١- ٣- ١ : محطات توليد القوى الكهربائية Electric Power Stations

يتم توليد الطاقة الكهربائية بطرق مختلفة ومتعددة منها الطرق التقليدية والطرق الجديدة والمتجددة حيث توجد محطات التوليد الحرارية Thermal power stations بأنواعها المختلفة (المحطات البخارية *Steam power stations* - المحطات الغازية *Gas turbine power stations* - محطات الديزل *Diesel generators*) ، محطات التوليد الهيدروليكية Hydraulic power stations ومحطات التوليد النووية Nuclear power stations ، إضافة إلى مصادر التوليد الجديدة والمتجددة New and Renewable Energy Sources وقد شهد قطاع الكهرباء في المملكة تطورا كبيرا بإنشاء المحطات عالية القدرة ودخولها الخدمة خلال سنوات قليلة في المناطق المختلفة بالمملكة.

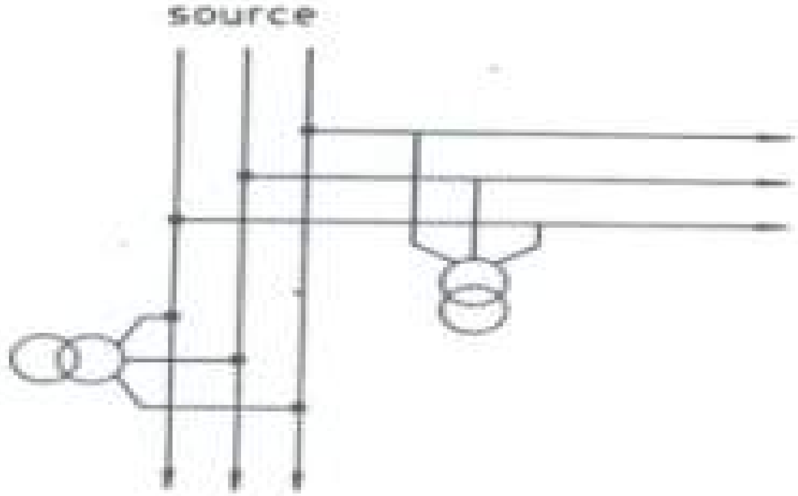
١- ٣- ٢ : منظومات نقل القوى الكهربائية Electric Power Transmission Systems

تستخدم خطوط النقل الهوائية عادة في نقل القدرة الكهربائية من محطات التوليد إلى مناطق التوزيع ، وتتكون خطوط النقل في حالة التيار المتردد من دائرة مفردة ثلاثية الوجه أو دائرة مزدوجة ثلاثية الوجه . ونظرا لاتساع رقعة المملكة ووجود عدد من المدن والقرى على مسافات متفأوتة فقد تم إنشاء شبكات نقل ذات جهود عالية وفائقة لنقل الطاقة من أماكن توليدها إلى مسافات بعيدة حيث توجد أماكن الاستهلاك . وتصنع موصلات خط النقل عادة من النحاس أو الألمنيوم أو الألمنيوم المقوى بالصلب ، كما تحمل هذه الموصلات على أبراج من الصلب أو أعمدة من الخرسانة أو الخشب أو المواسير المعدنية على حسب الجهد المنقول عليها ، أيضا يتم استخدام عوازل كهربائية لعزل هذه الموصلات عن الأبراج يتوقف نوعها وشكلها وعدد وحداتها على جهد التشغيل للخط ، وتزداد القدرة المنقولة عبر الخط بزيادة الجهد الذي يعمل عنده الخط .

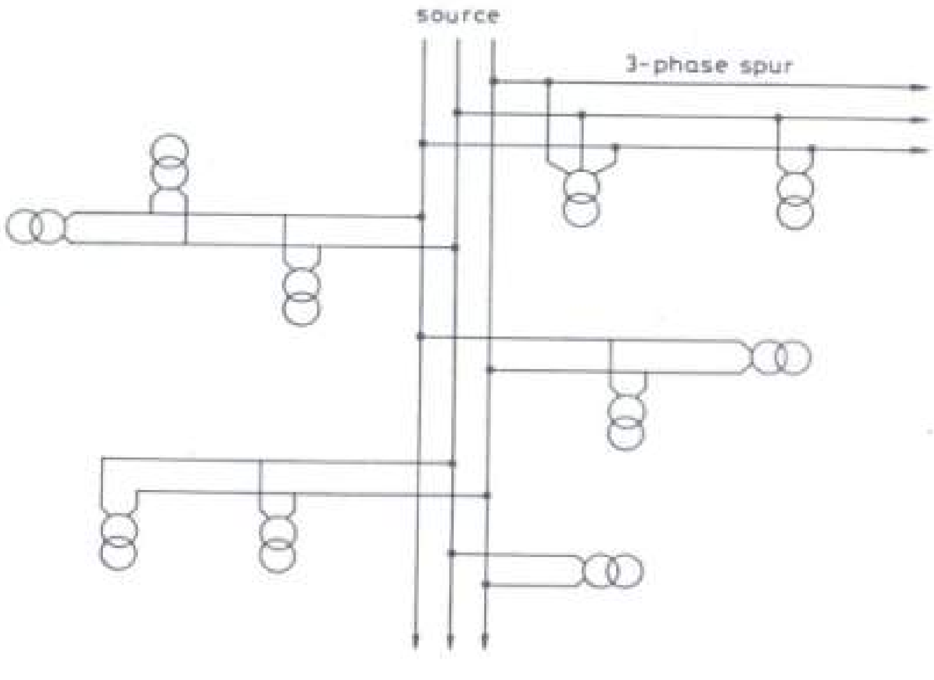
١- ٣- ٣: منظومات التوزيع الكهربائية Electric Distribution Systems

المهمة الأساسية لمنظومات التوزيع هي استقبال القدرة الكهربائية المرسلة من محطات التوليد عبر خطوط النقل وتوزيعها على المستهلكين باختلاف أنواعهم على جهود تتناسب مع أغراض الاستهلاك ، ويتم ذلك من خلال محطات تحويل فرعية substations لتحويل الجهود الفائقة (EHV) أو العالية (HV) إلى جهود متوسطة (MV) أو جهود منخفضة (LV) . وتستخدم كل من الموزعات الهوائية والكابل الأرضية في منظومات التوزيع ، وعلى الرغم من أن التوزيع باستخدام الكابل الأرضية يتكلف أضعاف ما يتكلفه التوزيع باستخدام الموزعات الهوائية ، إلا أن استخدام الكابل الأرضية يعد ضرورة حتمية في حالة التوزيع في المناطق السكنية .

ويتم التوزيع عادة على مرحلتين : التوزيع الأولي (الابتدائي) Primary distribution على جهود تتراوح بين 33 KV – 6.6 KV حسب الجهود القياسية المستخدمة في المنطقة ، ثم التوزيع الثانوي (المنخفض) Secondary distribution على جهود الاستخدام حيث يوجد نظامان 220/110 V. أو 380/220 V. . الأشكال (١- ٢- أ) ، (١- ٢- ب) يوضحان أجزاء من شبكة جهد متوسط تحتوي على محولات توزيع ثلاثية الأوجه وأخرى أحادية الوجه بمستويات جهد 11KV أو 13.8 KV .



شكل (١- ٢- أ) – شبكة توزيع جهد متوسط بمحولات توزيع ثلاثية الأوجه .



شكل (١- ٢- ب) – شبكة توزيع جهد متوسط بمحولات توزيع ثلاثية الأوجه وأحادية الوجه .

١–٤ : اعتبارات الصيانة ومتطلباتها :
Maintenance Considerations and Requirements

لإتمام التنفيذ الصحيح والدقيق لبرامج الصيانة والوصول إلى الأهداف المرجوة منها وتحقيق المكاسب المباشرة وغير المباشرة لهذه البرامج من التشغيل الصحيح والآمن لجميع عناصر ومعدات وآلات المنظومات ، إلى تجنب الانهيارات والمحافظة على الممتلكات والأرواح ، فإنه يلزم مراعاة بعض الاعتبارات والمتطلبات لهذه البرامج نوجزها فيما يلي :

١. عمليات الأمان والسلامة المهنية .
٢. التصميم الجيد والتطوير لبرامج الصيانة .
٣. توفير الكوادر البشرية المدربة .
٤. توفير معدات وأدوات التنفيذ .
٥. توفير قطع الغيار .
٦. الاحتفاظ بالسجلات .

١- ٤- ١ : عمليات الأمان والسلامة المهنية :

من المتطلبات والاعتبارات الأساسية للصيانة هو توفرعوامل الأمان والسلامة الصناعية والمهنية حتى يمكن اتمام عمليات الصيانة بكل مراحلها بأمان دون تعرض القائمين على هذه الصيانة لأية مخاطر فنية أو مهنية وتوفر الحماية الكاملة لكل من الأفراد والمعدات ، وعلى ذلك ينصح دائما باتباع شروط السلامة المهنية بكل دقة عند إجراء عمليات الصيانة إضافة إلى ارتداء الملابس المناسبة لكل عملية صيانة واستخدام معدات الصيانة الاستخدام الأمثل والتدريب المسبق على ذلك لتلافي حدوث المخاطر المهنية أثناء إجراءات وعمليات الصيانة .

١- ٤- ٢ : التصميم الجيد لبرامج الصيانة :

من أهم اعتبارات ومتطلبات الصيانة أن تصمم كل من برامج الصيانة الدورية وبرامج الصيانة الوقائية تصميما جيدا ، بحيث يعكس هذا التصميم مراعاة المواصفات الفنية لعناصر المنظومات إلى جانب الظروف الفعلية لتشغيل هذه العناصر وتغير الظروف المناخية المحيطة بهذه العناصر ، كما يجب أن يعكس هذا التصميم الخبرة العملية المتوفرة لدى القائمين على الصيانة في التعامل مع عناصر المنظومات ، إضافة إلى ماتقدم يجب أن تصمم برامج الصيانة الوقائية بحيث تهدف إلى تفادي الانهيارات غير المتوقعة لعناصر وآلات ومعدات المنظومة وجدولة مواعيد الصيانة

وتحديد تكلفة القيام بأعمال الصيانة وكذلك تكلفة المواد وقطع الغيار المستخدمة والتنسيق مع الأقسام الأخرى حتى يتحقق الاستخدام الأمثل للموارد وتلافي التعطل الزائد وإتمام عمليات الصيانة في الأوقات المحددة لذلك.

١- ٤- ٣ : توفير الكوادر البشرية المدربة :

لضمان نجاح التنفيذ الجيد لبرامج الصيانة المختلفة بعد تصميمها والوصول إلى الأهداف المرجوة من هذه البرامج فإنه يجب مراعاة توفير الكوادر البشرية الماهرة والمدربة تدريبا عإلىا على تنفيذ مثل هذه البرامج واستخدام الحواس البشرية وكذلك استخدام الحساسات وإتمام عمليات التزييت والتشحيم والمعايرة للآلات والمعدات والعناصر المختلفة للمنظومات، كما يجب أيضا استمرارية تطوير ورفع الأداء المهني لهذه الكوادر والمحافظة على مستويات الأداء الجيد لفرق الصيانة في المنظومات المختلفة .

١- ٤- ٤ : توفير معدات وأدوات التنفيذ :

إلى جانب التصميم الجيد لبرامج الصيانة وتوفير الكوادر البشرية المهنية المدربة تدريبا كافيا لتنفيذ هذه البرامج فإنه يجب مراعاة توفر معدات وأدوات تنفيذ حديثة ومتطورة حتى تتمكن فرق الصيانة من أداء مهامها بكفاءة ونجاح ، إضافة إلى ما ينتج عن هذا الأداء الجيد من توفير في الوقت والجهد والمال المنصرف على عمليات الصيانة . لذا يجب التنبيه على ضرورة تحديث وتطوير أدوات ومعدات التنفيذ للصيانة باستمرار مع تدريب فرق الصيانة على استخدام كل ما هو حديث من أدوات ومعدات .

١- ٤- ٥ : توفير قطع الغيار :

في النهاية يجب مراعاة توفير قطع الغيار لمختلف عناصر وآلات ومعدات المنظومات بمستودعات الصيانة بحيث تكون متوفرة وحاضرة لإجراء الإصلاحات اللازمة لهذه العناصر في أقصر وقت ممكن تجنبا لتعطيل إتمام عمليات الصيانة في الوقت المحدد لها أو إطالة البرنامج الزمني لتنفيذ عمليات الصيانة الدورية أو الوقائية .

١- ٤- ٦ : الاحتفاظ بالسجلات :

إضافة إلى الاعتبارات السابقة يجب أيضا الاحتفاظ بسجلات الصيانة حتى يمكن استخدامها في دراسة تطوير وتعديل برامج الصيانة ، وكذلك الاطلاع على هذه السجلات عند إجراء الصيانة

لاحقا لهذه الآلات والمعدات والمنظومات للوقوف على كيفية إتمام الصيانة وكيفية معالجة الظروف الطارئة التي تظهر أثناء القيام بعمليات الصيانة ، إضافة إلى تكوين الخبرة لدى فرق الصيانة والقائمين على الإشراف ومخططي برامج الصيانة فيما يتعلق بتكرار حدوث الأسباب المؤدية إلى الصيانة وطرق التقليل من هذه الأسباب وتلافي الآثار الضارة لها .

أسئلة وتمارين

١. اشرح أهمية الصيانة للمنظومات

٢. اذكر المكاسب المباشرة وغير المباشرة لبرامج الصيانة

٣. ماالمقصود بتخطيط برامج الصيانة

٤. اشرح بإيجاز محتويات كروت احتياجات الصيانة

٥. اذكر مصادر توليد الطاقة الكهربائية

٦. اشرح وظيفة شبكات النقل الكهربائي في منظومة القوى الكهربائية

٧. يتم توزيع الطاقة الكهربائية على مرحلتين ، اشرح مراحل التوزيع موضحا مستويات الجهد في كل منها

٨. اشرح بإيجاز أهم اعتبارات ومتطلبات الصيانة

صيانة نظم القوى الكهربائية

صيانة محطات التحويل الكهربائي

صيانة محطات التحويل الكهربائي

٢

الجدارة :

الأهداف :

عندما تكمل هذا الفصل تكون:

ملما بطرق صيانة محطات التحويل الكهربائي بأجزائها المختلفة.

مستوى الأداء المطلوب :

الوقت المتوقع للتدريب : ١٨ ساعة

الوسائل المساعدة :

استخدام التعليمات في هذه الوحدة.

متطلبات الجدارة :

يجب التدرب على جميع المهارات الموجودة في الوحدة .

الفصل الثاني: صيانة محطات التحويل الكهربائي — Maintenance of Substations

في هذا الفصل سوف ندرس وظائف محطات التحويل الفرعية ، مكوناتها ، أنواعها ، وأهم الطرق المتبعة لصيانة واختبار عناصر ومكونات هذه المحطات المختلفة وأنواع الصيانات التي تجرى عليها.

٢- ١ : وظائف محطات التحويل الفرعية : Function of Substations

يمكن تلخيص الوظائف الرئيسة لمحطات التحويل الفرعية أو محطات التوزيع كما يلي :

١. استقبال القدرة الكهربائية المتولدة في محطات التوليد ، أو القدرة الكهربائية المنقولة على منظومة النقل ورفع أو خفض الجهد على حسب نوع المحطة .

٢. تأمين ضروريات الفصل والتوصيل (Switching devices) .

٣. تأمين أجهزة الحماية لفصل المعدات أو عزلها في حالة حدوث الأخطاء (Protection devices)

٤. تنظيم الجهد في منظومة القوى الكهربائية (Voltage regulation).

طبقا لهذه الوظائف يتضح أن المكونات الرئيسة لمحطات التحويل أو التوزيع هي :

- محولات قدرة لرفع أو خفض الجهد — Step-up or step-down transformers
- قواطع إلية للتيار ، ومرحلات حماية — Circuit breakers & relays
- محولات قياس للجهد والتيار — Voltage and current transformers
- قضبان ربط وتوزيع — Bus-Bars
- أجهزة فصل وتوصيل وعوازل للدوائر — Switching equipment & insulators

٢- ٢ : أنواع محطات التحويل الفرعية — Types of Substations

يمكن تقسيم محطات التحويل الفرعية إلى نوعين رئيسين كما يلي :

١. محطات النقل والتحويل الفرعية — Transmission substation .

٢. محطات التوزيع الفرعية — Distribution substation .

- وتنشأ محطات النقل الفرعية بالقرب من محطات التوليد - في بداية خطوط نقل الطاقة – أو عند نقاط الفصل في منظومات النقل ، ووظيفة هذه المحطات هي تأمين ربط مولدات المحطات المختلفة بالشبكة ورفع الجهود الكهربائية من مستويات التوليد إلى المستويات العالية أو الفائقة المناسبة لمنظومة نقل الطاقة لمسافات طويلة حيث توجد مراكز الأحمال . شكل رقم (٢- ١) يبين نموذج لمثل هذه المحطات .
- أما محطات التوزيع الفرعية فتنشأ في مركز الحمل الكهربائي أو بالقرب من المستهلكين حيث تعمل على خفض الجهود الكهربائية من مستويات النقل العالية إلى مستويات تناسب استهلاك الأحمال المحلية ، وتوجد بعض هذه المحطات في أماكن مفتوحة ومعرضة للأجواء الخارجية ، وبعضها مغلق داخل أماكن معدة خصيصا وتحتل جزءا من العمارات السكنية أو المصانع على حسب الموقع .

٢- ٣ : خطوات الصيانة لمحطات التحويل الفرعية Steps of maintenance for substations

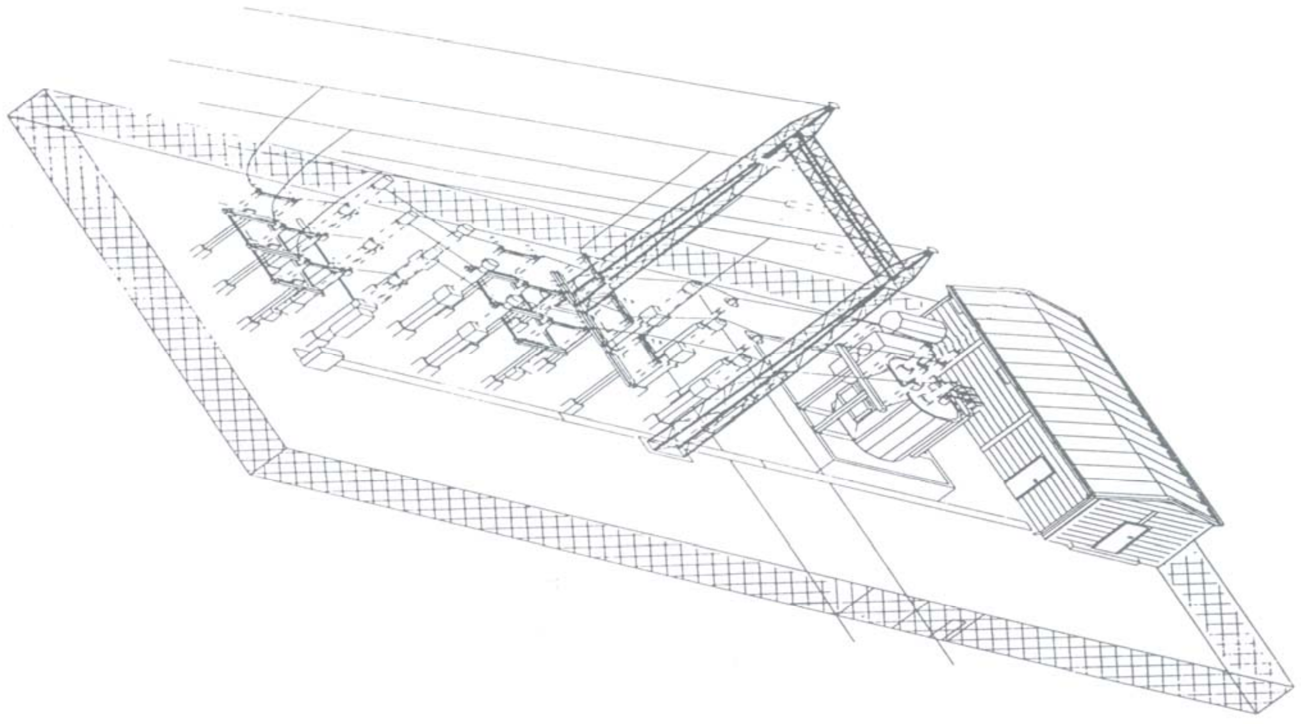
تتضمن برامج الصيانة خطوات ثلاث يجب تنفيذها للوصول إلى تشغيل المحطات بكفاءة عالية وهي :

- الصيانة الوقائية والاختبارات .
- الإصلاح الكهربائي .
- تحليل الانهيارات .

٢- ٣- ١ : الصيانة الوقائية والاختبارات

وتتضمن هذه العملية خطوات فحص ، تنظيف ، ضبط ، واختبار المعدات الموجودة بالمحطة للتأكد من عملها بدون أي مشاكل حتى الموعد التالي للفحص والاختبار ، وتسجيل القراءات والمشاهدات التي تم الحصول عليها أثناء الفحص أو الاختبارات ، ويساعد ذلك على الاكتشاف المبكر للأجزاء التي قد يحدث لها انهيار لعمل خطة لاستبدالها دون حدوث أي مضاعفات غير مرغوب فيها.

إضافة إلى ذلك فإن تسجيل هذه النتائج يساعد على تعديل برامج الصيانة الوقائية لتفادي الانهيارات الفجائية وغيرها من المخاطر غير المتوقعة .



شكل (٢- ١) – نموذج لمحطة تحويل ونقل فرعية

٢- ٣- ٢ : الإصلاحات الكهربائية

يعتبر إصلاح المعدات والآلات الكهربائية التي يعتمد عليها إنتاج المحطة من المهام الأساسية لأي برنامج صيانة جيد ، ويجب أن تجرى الصيانة بطريقة اقتصادية كما يجب أن يكون الهدف من برنامج الصيانة تفادي الانهيارات غير المتوقعة لمعدات المحطة ، وإذا حدثت مثل هذه الانهيارات فإن قطع الغيار يجب أن تكون متوفرة وحاضرة لإجراء الإصلاحات اللازمة في أقصر وقت ممكن .

٢- ٣- ٣ : تحليل الانهيارات

يجب تحليل الانهيارات التي تحدث لمعدات المحطة للوقوف على أسبابها وتحديد الخطوات اللازم توفرها لعدم تكرار مثل هذه الانهيارات ، وإذا كان السبب غير منطقي فإنه يجب مراجعة مواصفات ونوعية المعدات المستخدمة بالمحطة .

وتجرى الاختبارات على معدات المحطات عادة أثناء التشغيل **on field tests** بعد تركيبها ودخولها الخدمة وذلك للتأكد من :

- أن المعدات التي أدخلت الخدمة حديثا لم يحدث لها أي تدمير جزئي أثناء التركيب .

- لتقرير ما إذا كانت هناك ضرورة لصيانة تصحيحية أو استبدال لهذه المعدات .
- لبيان ما إذا كانت هذه المعدات قادرة على أداء المهام المصممة عليها بدقة وأمان .
- لتسجيل معدل الاستهلاك لهذه المعدات على طول مدة خدمتها .

وفي ضوء هذه الخطوات التي تجرى على المعدات الكهربائية بالمحطات يمكن تقسيم الاختبارات إلى نوعين رئيسين هما :

١. اختبارات قبول Acceptance tests : وتعرف هذه الاختبارات بأنها اختبارات إثبات وتجرى على المعدات الجديدة عادة بعد إتمام عمليات التركيب والتجهيز قبل دخولها الخدمة وتجرى عند مستوى جهد يصل إلى ٨٠٪ من الجهد المقنن أو المحدد من قبل المصنع.

٢. اختبارات الصيانة الدورية Routine maintenance tests : وتجرى هذه الاختبارات على فترات زمنية دورية على طول العمر الافتراضي للمعدات ، كما أنها تجرى بالتزامن مع اختبارات الصيانة الوقائية عند ٦٠٪ من الجهد المحدد من المصنع ، ويجب تسجيل معلومات الاختبارات كما وجدت وتسجيل الحالة التي تركت عليها المعدات بعد الاختبار .

٢- ٤ : عزل المحطة كهربائيا :

عند إجراء الصيانة على محطات التحويل سواء كانت هذه الصيانة جزئية أو كلية فإنه يجب عزل المحطة كهربائيا أولا وقبل كل شيء وذلك لضمان الأمان للقائمين على الصيانة ووقايتهم من مخاطر التعرض للجهود والتيارات العالية الموجودة في محطات التحويل ، ويتم ذلك الفصل على مرحلتين :

أ- **الفصل الآلي من بعد** : ويتم هذا الفصل أو العزل الكهربي باستخدام القواطع الآلية الموجودة بالمحطة ، حيث تفصل هذه القواطع من بعد باستخدام لوحات التحكم الخاصة بها وذلك لتجنب ما قد ينتج عن ذلك الفصل من أقواس أو شرر كهربي حيث يتم إخماد هذا الشرر داخل القواطع الآلية . كما يراعى عمل الفرملة اللازمة للقواطع (Circuit Breaker Blocking) حتى نتجنب التشغيل لهذه القواطع بطريق الخطأ أثناء عمل فريق الصيانة مما قد يعرضهم للمخاطر .

ب- لتأكيد عملية العزل والفصل الكهربي للمحطة يتم فصل مفاتيح الفصل والتوصيل إليدوية بالمحطة بواسطة المسؤول عن فصل هذه المفاتيح مع تفريغ ما قد يوجد على هذه المفاتيح من شحنات استاتيكية باستخدام عصي التأريض المعدة لمثل هذه الأغراض . كما يراعى وضع حساسات للجهد على جانبي التوصيل للمحطة للتأكد من أن مستوى الجهد في جانب المحطة الموضوعة تحت الصيانة مسأوي للصفر . إضافة إلى ذلك يتم فصل محولات الجهد والتيار .

ج– إلى جانب الخطوتين السابقتين توضع بعض اللوحات والإشارات التحذيرية على لوحات التحكم الخاصة بالقواطع للتنبيه على أنه هناك أجزاء تحت الصيانة ويمنع توصيل أو تشغيل هذه القواطع ، كما توضع بعض هذه اللوحات على أو بالقرب من الأجزاء الموضوعة تحت الصيانة لبيان عزل أو فصل هذه العناصر عن الخدمة وعدم الاقتراب إلا للأفراد المصرح لهم بذلك .

٢- ٥ : استخدام لوحات التحذير :

تستخدم اللوحات التحذيرية بكثرة في محطات التحويل لإرشاد العاملين بالمحطة إلى عدة أمور منها :

- لبيان وتوضيح الأماكن التي يحظر الاقتراب منها لوجود خطورة عإلية في الاقتراب من هذه الأماكن مثل : جهد عإلى ، مواد كيمأوية ملتهبة ، مواد قابلة للاشتعال السريع ، أماكن بها صيانة ، أماكن معزولة أو مفصولة كهربائيا مع التحذير من إعادتها للخدمة .
- توخي الحذر عند الاقتراب من بعض الأماكن حيث يوجد حد معين من الخطورة التي قد تتزايد بالاقتراب مثل : غازات تحت ضغط عإلى ، مواد قابلة للاشتعال ، أماكن بها رطوبة أو احتمإلية الانزلاق .
- لبيان الامتناع عن التدخين أو وجود أي اشتعال في الأماكن التي توجد بها المواد القابلة للاشتعال .
- لبيان أن جزءاً ما من المحطة تحت الاختبار ويحظر الاقتراب أو التدخل حتى تنتهي إجراءات الاختبار .

ويجب أن تكون هذه اللوحات التحذيرية واضحة وظاهرة للجميع بحيث يمكن الاطلاع عليها ومعرفة محتواها بسهولة ، كما يجب أن تحتوي على إشارات توضح الهدف الذي وضعت من أجله هذه اللوحات .

٢- ٦ : صيانة محولات القدرة الكهربائية :
Maintenance of Electric Power Transformers

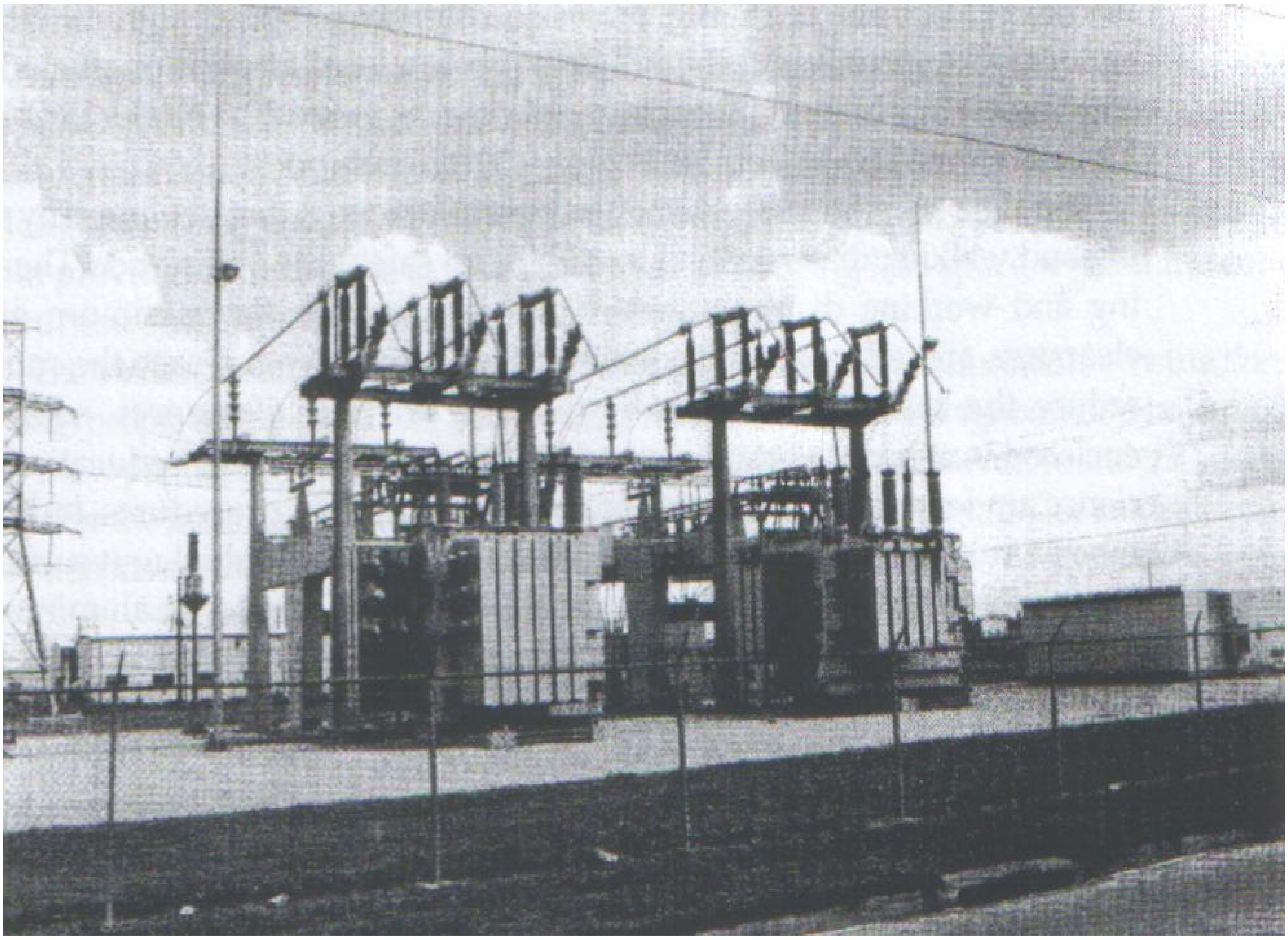
يعتمد نجاح تشغيل أي محول على عدة عوامل منها : التركيب الجيد ، التحميل ، الصيانة ، إضافة إلى التصميم والتصنيع ، وكما في حالة جميع المعدات الكهربائية فإن إهمال احتياجات أساسية معينة قد يؤدي إلى مشاكل خطيرة إذا لم يؤدي إلى دمار وفقدان المحول . وطبقا لنوع دائرة التبريد في المحولات يمكن تقسيمها إلى نوعين أساسيين هما :

- المحولات الجافة : وهي المحولات التي تبرد بالهواء أو أي غاز آخر عازل وغير قابل للاشتعال .
- المحولات المغمورة في الزيت : وهي المحولات التي تبرد بالزيوت المعدنية العازلة .

٢- ٦- ١ : صيانة محولات القدرة الجافة
Maintenance of Dry-type Power Transformers

١ – **تركيب المحول :** من أهم العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تركيب محولات القدرة الجافة هي كيفية الوصول إليها accessibility ، التهوية ventilation ، والظروف الجوية المحيطة بالمحول atmospheric conditions . وتصمم هذه المحولات عادة للعمل في الأماكن المغلقة الجافة أو حيثما توجد نسبة رطوبة عالية مع الاحتياط في حالة فصل هذه المحولات عن الخدمة مدة طويلة . كما يجب أن توضع هذه المحولات بعيدا عن التسربات المائية مع وجود حماية مناسبة لمنع دخول المياه إلى خزان المحول .

وتعتبر التهوية من ضروريات التبريد الجيد للمحول حيث يجب أن يستخدم هواء نظيف وجاف في عملية التبريد ، وفي بعض الأماكن يجب تنقية الهواء لتقليل عمليات الصيانة كما يجب أن توضع مثل هذه المحولات في أماكن خالية من الأتربة أو مسبباتها أو أي مكونات كيمائية ، كما يؤخذ بعين الاعتبار المسافات الفاصلة بين هذه المحولات والحوائط أو أي شيء يعوق وصول الهواء إلى داخل المحولات أو حولها ، إضافة إلى المسافات الفاصلة بين المحولات المتجأورة على حسب قدرة هذه المحولات، شكل (٢- ٢) يوضح المسافات الفاصلة بين المحولات عند التركيب .



شكل (٢- ٢) – تركيب المحولات الجافة .

٢ – **فحص المحول :** بالنسبة للمحولات الجديدة فإنها يجب أن تفحص فحصا ظاهريا عند ورودها أثناء تواجدها على السيارات أو الحاملات التي تنقلها للتأكد من خلوها من أية إصابات خارجية ، وبعد ذلك تتم إزالة الأغطية واللوحات وتفحص هذه المحولات داخليا للتأكد من عدم تحرك الأجزاء والمكونات وخلوها من الوصلات المكسورة ، العوازل غير السليمة ، الأقذار أو المواد الغريبة ، وعند تخزين هذه المحولات يجب أن تعاد هذه الفحوصات مرة ثانية عند التركيب .

بعد إتمام جميع التوصيلات الابتدائية والثانوية يجب أن يفحص المحول فحصا كليا ، كما يجب اختبار مرأوح التشغيل ومحركاتها والمرحلات الحرارية وجميع الأجزاء المساعدة قبل دخول المحول إلى الخدمة ، كما يجب أيضا تأريض كل من قلب المحول والهيكل الخارجي للحأوية (Tr. Case) تأريضا جيدا. شكل (٢- ٣) يوضح أهم أنواع المحولات الجافة المتدأولة في منظومات القوى الكهربائية .

المحولات الجافة ذات الملفات المعزولة بالورنيش

المحولات الجافة ذات الملفات المسبوكة

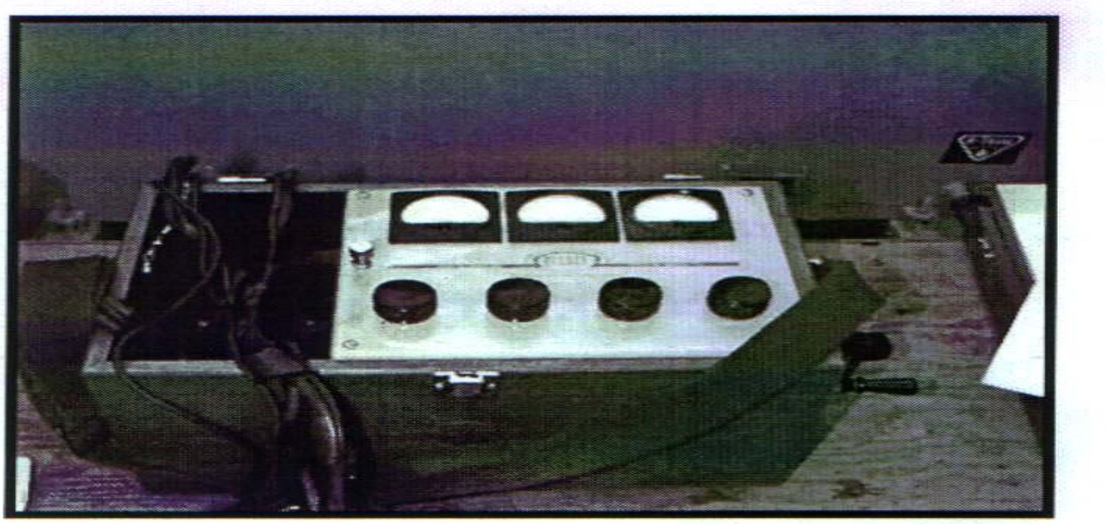
شكل (٢- ٣) – أنواع المحولات الجافة .

٣ – **اختبارات القبول للمحول :** بعد إتمام عملية التركيب والفحص للمحول تجرى عليه اختبارات القبول التالية :

أ - **اختبار مقأومة العزل :** يعتبر هذا الاختبار ذا أهمية كبيرة حيث يفيد في تحديد مدى صلاحية المحول لدخول الخدمة أو للتعرض لاختبار الجهد العالي ، ويجب إجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات وفي درجات الحرارة المحددة من قبل الشركة المصنعة للمحول . إذا كانت مقأومة العزل للمحول عند درجة حرارة ٢٠° مئوية تقل عن ١٠٠٠ ميجا أوم أو على الأقل نصف القيم المحددة من الشركة المنتجة يعتبر المحول غير آمن لدخول الخدمة ويجب أن يجفف بإحدى الطرق المتبعة في تجفيف المحولات ، شكل (٢- ٤) يوضح بعض أنواع أجهزة الميجر المستخدمة في قياس مقأومة العزل

شكل (٢- ٤) – بعض أنواع أجهزة الميجر .

ب - **اختبار نسبة التحويل للمحول** : ويجرى هذا الاختبار بهدف تحديد نسبة عدد اللفات بين كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي ، وتكون هذه النسبة غير مقبولة إذا زادت بمقدار ٠,٥ ٪ عن القيمة المحسوبة . ويتم قياس واختبار نسبة التحويل للمحولات باستخدام أجهزة خاصة تسمى أجهزة اختبار نسبة التحويل للمحولات (TTR) Transformer Turns Ratio tester . شكل (٢- ٥) يبين أحد أنواع هذه الأجهزة المستخدمة مع محولات الوجه الواحد .


Single phase TTR set

شكل (٢- ٥) – جهاز اختبار نسبة المحولات أحادية الوجه .

٤– **إجراءات الصيانة للمحول :** تحتاج هذه المحولات إلى الصيانة من وقت لآخر للوصول إلى التشغيل الأمثل لها ، وعلى ذلك يجب أن تفحص هذه المحولات دوريا على فترات زمنية محددة تعتمد في تكرارها على حالة تشغيل المحول حيث تجرى سنويا في حالة المحولات الموضوعة في أماكن نظيفة وجافة بينما تتكرر مرة كل ثلاثة أشهر أو ستة أشهر في حال المحولات الموضوعة في أماكن ملوثة بالأتربة أو المواد الكيمأوية ، وغالبا تتحدد هذه الفترات الزمنية بعد إجراء الفحوصات في المرات الأولى من تشغيل المحول ويوضع الجدول الزمني للفحص بناء على حالة التشغيل الفعلية .

عند فصل المحول من الخدمة فإنه يجب أن يفتح ويفحص من الداخل للتأكد من عدم تراكم الأتربة والأجسام الغريبة التي قد تعيق الهواء من السريان داخل الممرات المخصصة له لتبريد الأجزاء المختلفة للمحول ، كذلك للتأكد من جودة التوصيل لأطراف المحول ، وفحص مغير النقاط للمحول tap

changers . كما يجب فحص المحول من الخارج للتأكد من عدم وجود صدأ أو تآكل في الهيكل الخارجي لحأوية المحول وتسجيل المشاهدات حول آثار ارتفاع درجة حرارة المحول أو حدوث شرر كهربي على سطح العوازل للمحول أو تكون كربون عليها .

في حالة ملاحظة تراكم الأتربة على ملفات المحول أو على العوازل فإنه يجب أن تنظف للسماح للهواء بالمرور ولتفادي حدوث انهيار للعوازل ، ويمكن إجراء ذلك باستخدام آلات الشفط الهوائية أو الهواء الجاف المضغوط بينما تنظف أسطح العوازل ولوحات الأطراف ومغيرات نقاط التوصيل بالمسح بقماش جاف ولا يفضل استخدام المنظفات السائلة نظرا لتأثيرها الضار على العوازل .

وفيما يلي الاختبارات التي تجرى على المحولات الجافة عند إجراء الصيانة الدورية :

- اختبار مقأومة العزل بين ملفات المحول وبين الملفات والأرض : وهذا الاختبار مشابه لاختبار مقأومة العزل الذي يجرى ضمن اختبارات قبول المحول .
- اختبار نسبة التحويل للمحول : وهو أيضا مشابه لاختبار نسبة التحويل الذي يجرى ضمن اختبارات قبول المحول .
- اختبار زيادة الجهد المتردد حيث يجب أن يجرى على ملفات كل من الجهد العإلى والجهد المنخفض ويعتبر إجراء هذا الاختبار اختياريا في حالات الصيانة الدورية .
- اختبار معامل القدرة للعازل حيث يجب أن يجرى بين كل ملف والأرض وكذلك بين كل ملفين والنسبة المقبولة يجب أن تقل عن ٣٪ .

٥ – **طرق التجفيف للمحول :** تحتاج هذه المحولات إلى التجفيف عند بداية التركيب أو بعد التشغيل والخدمة لفترة زمنية وخاصة إذا كانت هناك رطوبة عالية ، ويمكن تجفيف المحولات بإحدى الطرق التإلىة:

- التجفيف باستخدام الحرارة الخارجية : ويتم ذلك باستخدام تيار هوائي ساخن من أسفل هيكل المحول ، أو وضع المحول في فرن جيد التهوية ، أو وضع لمبات حرارية داخل هيكل المحول .
- التجفيف باستخدام الحرارة الداخلية : ويفضل عدم استخدام هذه الطريقة في حال توفر إحدى الطرق المستخدمة في التجفيف بالحرارة الخارجية . وتعتمد طريقة التجفيف بالحرارة الداخلية على تمرير تيار هوائي داخل المحول من أسفل إلى أعلى بينما يقصر أحد الملفات (short circuited) ويسلط

جهد مناسب على الملف الآخر بحيث يمر تيار في المحول يعادل تيار الحمل الكامل ولا تزيد درجة حرارة الملفات عن ١٠٠° مئوية تقاس بواسطة مقأومة أو ترمومتر موضوع في ممرات الهواء بين الملفات .

- التجفيف باستخدام الحرارة الخارجية والداخلية : وهي عبارة عن دمج للطريقتين السابق شرحهما مع فرق في قيم التيار الذي يمر في المحول حيث يكون أقل في هذه الحالة نظرا لوجود تيار هوائي ساخن من الخارج .

٦ – **طرق تخزين المحولات الجافة** : يجب أن تخزن مثل هذه المحولات في أماكن جافة ودافئة نوعا ما مع توزيع منتظم لدرجات الحرارة ، كما يجب تغطية فتحات التهوية للمحول منعا لدخول الأتربة منها ، وعند تخزين هذه المحولات في أماكن مفتوحة فإنه يراعى حمايتها من الرطوبة ومن دخول الأجسام الغريبة إلىها .

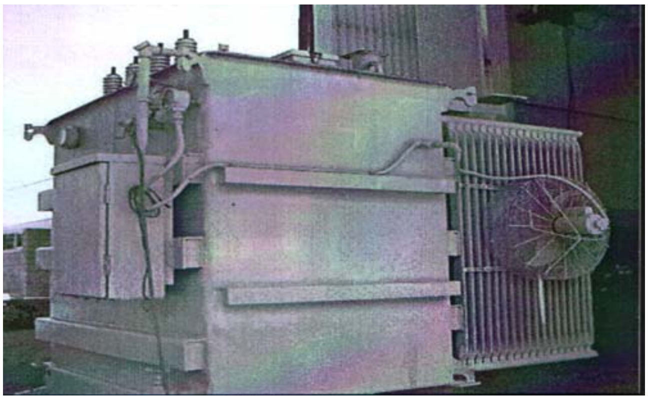
٢- ٦- ٢ : صيانة محولات القدرة المغمورة في الزيت

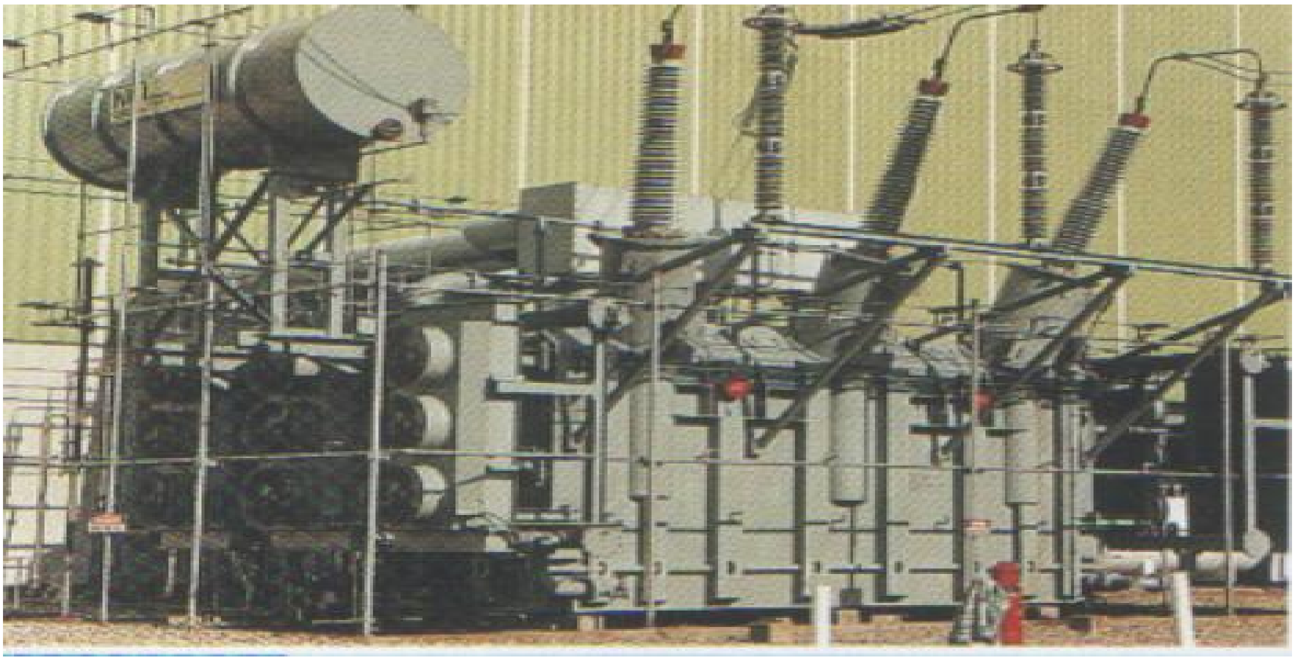
Maintenance of Oil-filled Power Transformers

١ – **تركيب المحول** : من أهم العوامل التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تركيب محولات القدرة المغمورة في الزيت هي : التهوية ventilation ، حيث يجب أن تكون الغرف الموضوعة فيها المحولات ذات درجة جيدة من التهوية ، كما يجب أن توضع هذه المحولات بعيدا عن التسربات المائية مع وجود حماية مناسبة لمنع دخول المياه إلى هيكل المحول . وأيضا كما في حالة المحولات الجافة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار المسافات الفاصلة بين هذه المحولات والحوائط لضمان مرور الهواء حولها ، إضافة إلى المسافات الفاصلة بين المحولات المتجأورة على حسب قدرة هذه المحولات

شكل (٢- ٦) – اعتبارات تركيب المحولات المغمورة في الزيت .

٢ – **فحص المحول :** بالنسبة للمحولات الجديدة فإنها يجب أن تفحص فحصا ظاهريا عند ورودها أثناء تواجدها على السيارات أو الحاملات التي تنقلها للتأكد من خلوها من أية إصابات خارجية ، وبعد ذلك تتم إزالة الأغطية واللوحات وتفحص هذه المحولات داخليا للتأكد من عدم تحرك الأجزاء والمكونات وخلوها من الوصلات المكسورة ، العوازل غير السليمة ، الأقذار أو المواد الغريبة ، وإذا كان زيت التبريد قد تمت تعبئته في مقر تصنيع المحول فإنه يجب فحص المحول من التسربات ، وعدم تعرض زيت التبريد للهواء الجوي إذا كانت نسبة الرطوبة أعلى من ٦٥٪ منعا لتلوثه بها ، كما يجب أن يتضمن فحص المحول فحص الصمامات والمرحلات وجميع الأجزاء المساعدة قبل دخول المحول إلى الخدمة ، كما يجب أيضا تأريض كل من قلب المحول والهيكل الخارجي للحأوية (Tr. case) تأريضا جيدا.





شكل (٢- ٧) – بعض أنواع المحولات المغمورة في الزيت .

٣ – **اختبارات القبول للمحول :** بعد إتمام عملية التركيب والفحص للمحول تجرى عليه اختبارات القبول التالية :

أ- **اختبار مقأومة العزل :** يعتبر هذا الاختبار ذا أهمية كبيرة حيث يفيد في تحديد مدى صلاحية المحول لدخول الخدمة أو للتعرض لاختبار الجهد العالي ، ويجب إجراء هذا الاختبار طبقا للمواصفات وفي درجات الحرارة المحددة من قبل الشركة المصنعة للمحول . إذا كانت مقأومة العزل للمحول عند درجة حرارة ٢٠° مئوية تقل عن ١٠٠٠ ميجا أوم أو على الأقل نصف القيم المحددة من الشركة المنتجة سواء كانت الملفات مغمورة أو غير مغمورة في الزيت يعتبر المحول غير آمن لدخول الخدمة ويجب أن يجفف بإحدى الطرق المتبعة في تجفيف المحولات.

شكل (٢- ٨) – بعض أنواع أجهزة الميجر .

ب - **اختبار نسبة التحويل للمحول :** ويجرى هذا الاختبار بهدف تحديد نسبة عدد اللفات بين كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي ، وتكون هذه النسبة غير مقبولة إذا زادت بمقدار ٠,٥ ٪ عن القيمة المحسوبة ، ويجب إجراء هذا الاختبار عند كل نقطة من نقاط تغيير الجهد للمحول بالنسبة للمحولات المزودة بنقاط تغيير للجهد (tap changing points) .

ج- **اختبار عزل زيت التبريد :** حيث تختبر المتانة الكهربائية لزيت العزل والتبريد بحيث تكون مطابقة للمواصفات مع مراعاة التغير في درجات الحرارة المصمم عليها المحول ، ويجرى هذا الاختبار للتأكد من أن مواصفات الزيت لن تتغير عند تغير ظروف تشغيل المحول أثناء الخدمة كما يراعى أيضا أن تؤخذ عينات زيت الاختبار من قاع هيكل المحول مع توفر الشروط المتبعة في ذلك .

3 phase TTR set

شكل (٢- ٩) – جهاز اختبار نسبة التحويل للمحولات ثلاثية الأوجه .

٤– **إجراءات الصيانة للمحول :** كباقي المحولات والمعدات الكهربائية المختلفة تحتاج المحولات المغمورة في الزيت إلى الصيانة من وقت لآخر للوصول إلى التشغيل الأمثل لها ، وعلى ذلك يجب أن تفحص هذه المحولات دوريا على فترات زمنية محددة تعتمد في تكرارها على حالة تشغيل المحول ، وغالبا تتحدد الفترات الزمنية لفحص أجزاء المحول المختلفة على حسب الجدول المرفق الذي يوضح قائمة الفحص والصيانة لمثل هذه المحولات والتي تعتبر من أهم عناصر شبكات ومنظومات التوزيع الكهربائي.

ويتضمن فحص المحول تسجيل المشاهدات على حالات تشغيل المحول والإصلاحات التي قد تلزم له ويعتمد تسجيل هذه المشاهدات على أهمية المحول في شبكة التوزيع أو النقل، وكذلك على الظروف المحيطة به ، كما يجب فحص المحول من الخارج للتأكد من عدم وجود صدأ أو تآكل في الهيكل الخارجي لحأوية المحول وتسجيل المشاهدات حول آثار ارتفاع درجة حرارة المحول أو حدوث شرر كهربي على سطح العوازل للمحول أو تكون كربون عليها ، في حالة ملاحظة تراكم الأتربة على العوازل فإنه يجب أن تنظف لتفادي حدوث انهيار للعوازل ، ويمكن إجراء ذلك باستخدام المسح بقماش جاف ولا يفضل استخدام المنظفات السائلة نظرا لتأثيرها الضار على العوازل .

- ولضمان عدم فشل المحولات أثناء الخدمة فإنه يجرى فحص المحول واختباره باستخدام ماسح الأشعة تحت الحمراء *Infra-red Scan* لاكتشاف ما يحدث داخل المحول أثناء التشغيل

وتحديد الأماكن المعرضة للتسخين الزائد *Heat Spots* ، وأماكن حدوث الشرر الكهربي داخل الزيت *Arcing*، وأيضا تحديد نسبة تلوث زيت التبريد بالملوثات الكربونية وغير ذلك من العوامل والآثار التي تؤثر على أداء وتشغيل المحول وبالتإلى العمل على تقليل هذه الآثار وتلافي فشل عمل المحول .

- تؤخذ أيضا عينة من زيت تبريد المحول وترسل إلى المختبر لإجراء عدة فحوصات واختبارات مثل : اختبار الشد أو التوتر السطحي للزيت ، فحص اللون ودرجة النقأوة ، اختبار المتانة الكهربائية للزيت وتحديد جهد انهيار عزله ، وكذلك اختبار تحليل الغازات المذابة في الزيت والتي تساعد على تشخيص أعطال المحول وتحديد اكتشاف ما يحدث داخل المحول من انهيار تدريجي للعوازل أو احتراق للعوازل السليوليزية وتحديد نسبة الرطوبة في الزيت وغير ذلك من العوامل التي تؤثر على وظيفتي زيت المحولات والمتمثلة في التبريد والعزل بين أجزاء المحول مع مراعاة الشروط والاعتبارات الواجبة عند أخذ عينة الزيت من المحول وارسالها إلى المختبر .

الجدول التإلى يوضح المدة الدورية لإجراء الصيانة الدورية للأجزاء المختلفة والمساعدة لمحول القدرة

الجزء الذي يجرى عليه الفحص	التكرار الدوري للفحص
• تيار الحمل	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• الجهـد	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• مستوى سائل التبريد	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• درجة الحرارة	كل ساعة أو باستخدام أجهزة التسجيل
• أجهزة الحماية	سنويا
• أجهزة الإنذار	شهريا
• توصيلة الأرضي	كل ستة أشهر
• مغير نقاط التوصيل	كل ستة أشهر
• مانعات الصواعق	كل ستة أشهر
• أجهزة معادلة الضغط	كل ستة أشهر
• الأجزاء والمعدات المساعدة	سنويا
• الفحص الخارجي	كل ستة أشهر
• الفحص الداخلي	كل خمس إلى عشر سنوات

وسائل العزل والتبريد	
• المتانة الكهربية للسائل	سنويا
• اللون	سنويا
• رقم التعادل	سنويا
• الشد السطحي	سنويا
• اختبار معامل القدرة	سنويا

العوازل الصلبة أو الملفات	
• مقأومة العزل للملفات	سنويا
• اختبار معامل القدرة للعوازل	سنويا
• معامل القطبية للعوازل	سنويا
• اختبار زيادة الجهد للعوازل (متردد– مستمر)	مرة كل خمس سنوات أو أكثر
• اختبار الجهد المتولد	مرة كل خمس سنوات أو أكثر
• اختبار تحليل الغازات	سنويا

٥ – **طرق التجفيف للمحول :** تحتاج هذه المحولات إلى التجفيف عند بداية التركيب أو بعد التشغيل والخدمة لفترة زمنية وذلك للتخلص من الرطوبة العالقة بأجزاء المحول أو وسيط العزل والتبريد ، ويمكن تجفيف المحولات بإحدى الطرق التالية :

- **التجفيف باستخدام الحرارة:** ويتم ذلك باستخدام أفران التجفيف حيث يوضع المحول وحده مع متابعة مقأومة الملفات للتأكد من وصول المحول إلى درجة حرارة الفرن ($100 - 120\ C^\circ$) وكذلك قياس مقأومة العزل بين الملفات بعد عملية التجفيف بست ساعات للتأكد من تمام التجفيف وذلك بالحصول على أربع قراءات متتالية متسأوية على الأقل.

- **التجفيف باستخدام الحرارة المتبوعة بتخلخل الهواء:** وتتم هذه الطريقة إما بعمل قصر على أحد ملفات (short circuited) المحول أو تمرير زيت ساخن في المحول يتم تسخينه بواسطة مصدر حراري خارجي مع مراعاة قياس مقاومة العزل بين الملفات مرة كل ست ساعات للتأكد من تمام التجفيف وذلك بالحصول على أربع قراءات متتالية متساوية على الأقل . ويتم التجفيف في موقع الخدمة بتسخين سائل العزل بالمحول ثم سحبه من المحول وإعقاب ذلك لحظيا بخلخلة فراغ هيكل المحول ، أو بطريقة أخرى تشمل سحب الزيت من المحول تماما وتسخين المحول بتمرير هواء ساخن داخله وبمجرد وصول درجة حرارة الملفات إلى 90 – 100 C° يتم إجراء الخلخلة بضغط يعادل 0.5 تور (torr) حتى تصل درجة الحرارة إلى 50 C° فتوقف عملية التجفيف، والزمن الطبيعي لإجراء مثل هذه العملية قد يستغرق أسبوعا أو أكثر ويتوقف ذلك على حجم المحول ، وبمجرد الانتهاء من عملية التجفيف يعبأ المحول ثانية بزيت عزل وتبريد جديد ونظيف ويعاد إلى الخدمة .

٦ – **طرق تخزين المحولات المغمورة في الزيت :** يجب أن تخزن مثل هذه المحولات في أماكن جافة ودافئة نوعا ما مع توزيع منتظم لدرجات الحرارة ، وعند تخزين هذه المحولات في أماكن مفتوحة فإنه يراعى حمايتها من الرطوبة حتى لايحدث تآكل في الهيكل الخارجي للمحول وبالتالي يتسرب زيت التبريد .

٢- ٧ : صيانة القواطع الكهربائية Maintenance of Electric Circuit Breakers

تحتاج جميع أدوات ومعدات الفصل والتوصيل والتي تشمل قواطع الدائرة الكهربائية C.B ، مفاتيح الفصل والتوصيل اليدوية disconnect switches ، وكذلك المصهرات fuses إلى الاختبار والصيانة الدورية ، وعلى الرغم من اختلاف هذه المعدات من حيث النوعية سواء المستخدمة داخل أو خارج المباني أو اختلاف الشركات المنتجة لها إلا أن الصيانة لهذه المعدات تتم طبقا لبرنامج موحد على مستوى منظومة القوى الكهربائية . ويمكن تصنيف قواطع الدائرة إلى الأنواع التالية :

- قواطع الدائرة الهوائية (النوع الأفقي أو الرأسي) Air-magnetic circuit breakers
- قواطع الدائرة الزيتية (المعزولة بالزيوت المعدنية) Oil circuit breakers
- قواطع الدائرة الفراغية (التي تعمل بتخلخل الهواء) Vacuum circuit breakers
- قواطع غازية (مثل التي تعمل بغاز SF6) SF6 circuit breakers

٢- ٧- ١ : إجراءات الاختبار للقواطع الجديدة :

تخضع القواطع الجديدة بأنواعها المختلفة لعدد من الإجراءات والاختبارات قبل دخولها الخدمة يمكن تلخيصها فيما يلي :

أ- عند الاستلام والتخزين :

١. يفحص القاطع ظاهريا للتأكد من خلوه من أية عيوب أو تلفيات قد تحدث أثناء عملية النقل مع فحص البيانات وقائمة الشحن المرفقة .

٢. تفحص نقاط التلامس المتحركة للقاطع ضد أي كسور أو تلف أو مواد غريبة كما تفحص أيضا نقاط التلامس الثابتة .

٣. يرفع القاطع ويخفض أثناء عملية المنأولة ببطء مع مراعاة ألا تستخدم عوازل القاطع كمكان للرفع بينما تستخدم دائما الأماكن المعدة لذلك على الحافة العليا من جسم القاطع كما يجب تجنب أي دفع فجائي للقاطع .

٤. إذا كان من الضروري تخزين القاطع قبل دخوله الخدمة فإنه يجب حفظه في مكان نظيف وجاف مع مراعاة تغطية الأسطح المعدنية بطبقة من الشحم لتفادي تراكم الأتربة ، وإذا كان القاطع سيتم تخزينه لفترة طويلة فإنه يجب أن يفحص دوريا .

ب- عند التركيب

١. يفحص القاطع كليا للتأكد من عدم وجود أية أجزاء تالفة .

٢. يستخدم قماش نظيف جاف لإزالة الأتربة والرطوبة المتراكمة على أجزاء القاطع .

٣. يتم توصيل وفصل القاطع يدويا وكهربيا عدة مرات للتأكد من التشغيل الصحيح للقاطع .

٤. للتأكد من عدم حدوث أية تلفيات أثناء عمليات الشحن والنقل يجرى اختبار تسليط جهد عالٍ على ملامسات القاطع بينما يكون القاطع في وضع الفصل مع مراعاة رفع الجهد تدريجيا وتثبيت القيمة النهائية للجهد لمدة دقيقة واحدة وتقييم النتائج التي يتم الحصول عليها .

٥. يتم تركيب القاطع طبقا للإرشادات الواردة من الشركة المنتجة مع اختبار التشغيل الصحيح للقاطع يدويا أثناء فصل دائرة التحكم للقاطع .

٢- ٧- ٢: إجراءات الصيانة للقواطع الموجودة بالخدمة

تحتاج القواطع كغيرها من الآلات والمعدات الكهربائية إلى الصيانة الوقائية لتفادي حدوث مشاكل أثناء التشغيل ، كما تختلف مواعيد الصيانة الوقائية لكل قاطع طبقا لاختلاف ظروف التشغيل والظروف المحيطة به ، بينما يجب أن يتم الفحص الدوري إذا تواجدت العوامل التالية :

- جو محيط يساعد على الصدأ.
- زيادة في كمية الأتربة أو الأوساخ .
- ارتفاع في درجات الحرارة أو الرطوبة .
- معدات قديمة أو ذات عمر افتراضي طويل .
- حدوث أخطاء متكررة أو زيادة تكرار التشغيل .

وعامة تجرى عملية الفحص والاختبار بعد ستة أشهر من دخول القاطع إلى الخدمة لأول مرة ثم تتكرر مرة كل سنة إلى ثلاث سنوات على حسب ظروف التشغيل ، كما يجب أن يشمل الفحص والصيانة الوقائية كلاً من أجزاء القاطع (الملامسات ، خامدات القوس الكهربي ، الأجزاء الميكانيكية ، والأجزاء المساعدة) ، إضافة إلى معدات الفصل والتوصيل (الوصلات ، الملامسات ، والعوازل) .
وتوضح الخطوات التالية إجراءات الصيانة الوقائية للقواطع المختلفة :

أ- إجراءات الصيانة للقواطع الهوائية :

١. يتم تسجيل عدد مرات التشغيل مع إجراء فحص ظاهري للقاطع وإعداد تقرير عن الظواهر غير الطبيعية .
٢. يوضع القاطع في وضع الاختبار ، وباستخدام جهاز الاختبار يتم تشغيل القاطع كهربيا مع اختبار تشغيل جميع المرحلات الكهربائية ومفاتيح الفصل الكهربائية والمحركات ومفاتيح التحكم وأجهزة البيان التي تعمل مع القاطع .
٣. يتم إخراج القاطع من السياج أو الهيكل المحيط به وتفحص جميع الأجزاء الداخلية للقاطع وتنظف الأتربة العالقة بالملامسات والعوازل وميكانيزم التشغيل كما يتم التأكد من ربط مسامير التثبيت للأجزاء المختلفة مع فحص الأجزاء الحاملة للتيار والتأكد من خلوها من أية إشارات تدل على أنها معرضة لارتفاع في درجة الحرارة .

٤. تفحص أجزاء القاطع فحصا وظيفيا للتأكد من أن كل جزء يقوم بوظيفته كاملة وخاصة خامدات القوس الكهربائي حيث يجب أن تكون نظيفة دون أية تراكمات كربونية ، أيضا يجب أن تكون جميع الوصلات الكهربائية الملحومة أو المربوطة أو المطلية في حالة جيدة التوصيل ، أيضا تفحص ملامسات المرحلات ومحرك التشغيل وأجزاء الفصل المساعدة ضد ارتفاع درجة الحرارة أو تلف عزل أي منها .

ب- إجراءات الصيانة للقواطع الزيتية :

تجرى الصيانة للقواطع الزيتية على فترات دورية مثل القواطع الهوائية ، ولإجراء الصيانة لمثل هذه القواطع توضع على خط الفحص والاختبار مع إخراجها من الهيكل الخارجي للتمكن من رؤية وفحص الأجزاء الداخلية وتنفيذ خطوات الصيانة كما يلي :

١. تنظف جميع الأجزاء من أية آثار كربونية بما في ذلك العوازل مع فحصها ضد الكسر واستبدال التالف منها .

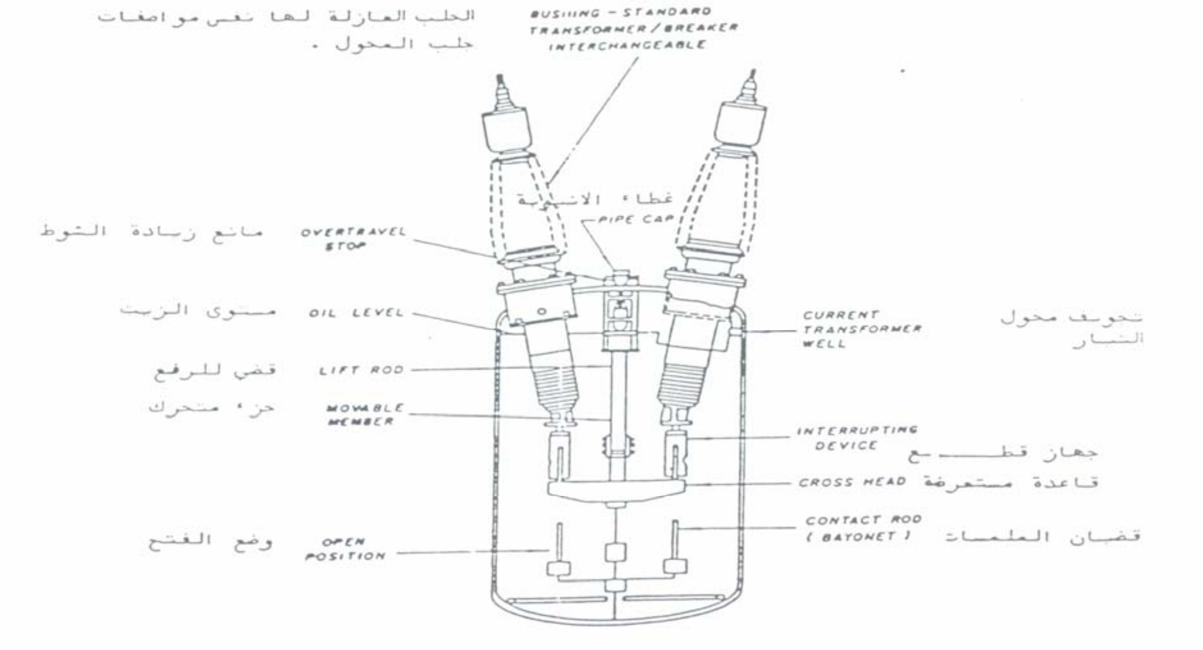
٢. تفحص الملامسات ويضبط وضعها مع استبدال الملامسات التالفة أو المحترقة وتنعيم الملامسات الخشنة للتأكد من جودة التوصيل مع التلامس التام لهذه الملامسات .

٣. تؤخذ عينة من الزيت ويجرى عليها اختبار المتانة الكهربائية طبقا لقواعد اختبار العوازل السائلة مع مراعات تنقية الزيت عند تواجد شوائب كربونية به .

٤. تفحص الأجزاء الميكانيكية كما في حالة القواطع الهوائية مع اختبار تشغيل القاطع تدريجيا بواسطة جهاز تشغيل يدوي خارجي وكذلك اختبار تشغيل القاطع كهربيا .

٥. يجب التأكد من مستوى الزيت داخل القاطع وكذلك التأكد من أن جميع مسامير وصواميل وحشو الربط مربوطة جيدا تفاديا لتسرب الزيت .

شكل (٢- ١٠) – الشكل العام للقاطع الزيتي .



شكل (٢- ١١) – التركيب الداخلي للقاطع الزيتي سيمنز

ج- إجراءات الصيانة للقواطع الفراغية :

تجرى الصيانة للقواطع الفراغية على فترات دورية تعتمد على خبرة التشغيل إضافة إلى ظروف التشغيل المحيطة بالقاطع ، وعادة يتم اختبار القاطع كل سنة أو بعد ٢٠٠٠ عملية تشغيل أيهما أقرب ، وعلى الجانب الآخر يجب فحص القاطع بعد كل عملية تشغيل ناتجة عن حدوث خطأ من الأخطاء الخطرة التي تتعرض لها المنظومة ، ويمكن تلخيص إجراءات الصيانة لمثل هذه القواطع فيما يلي :

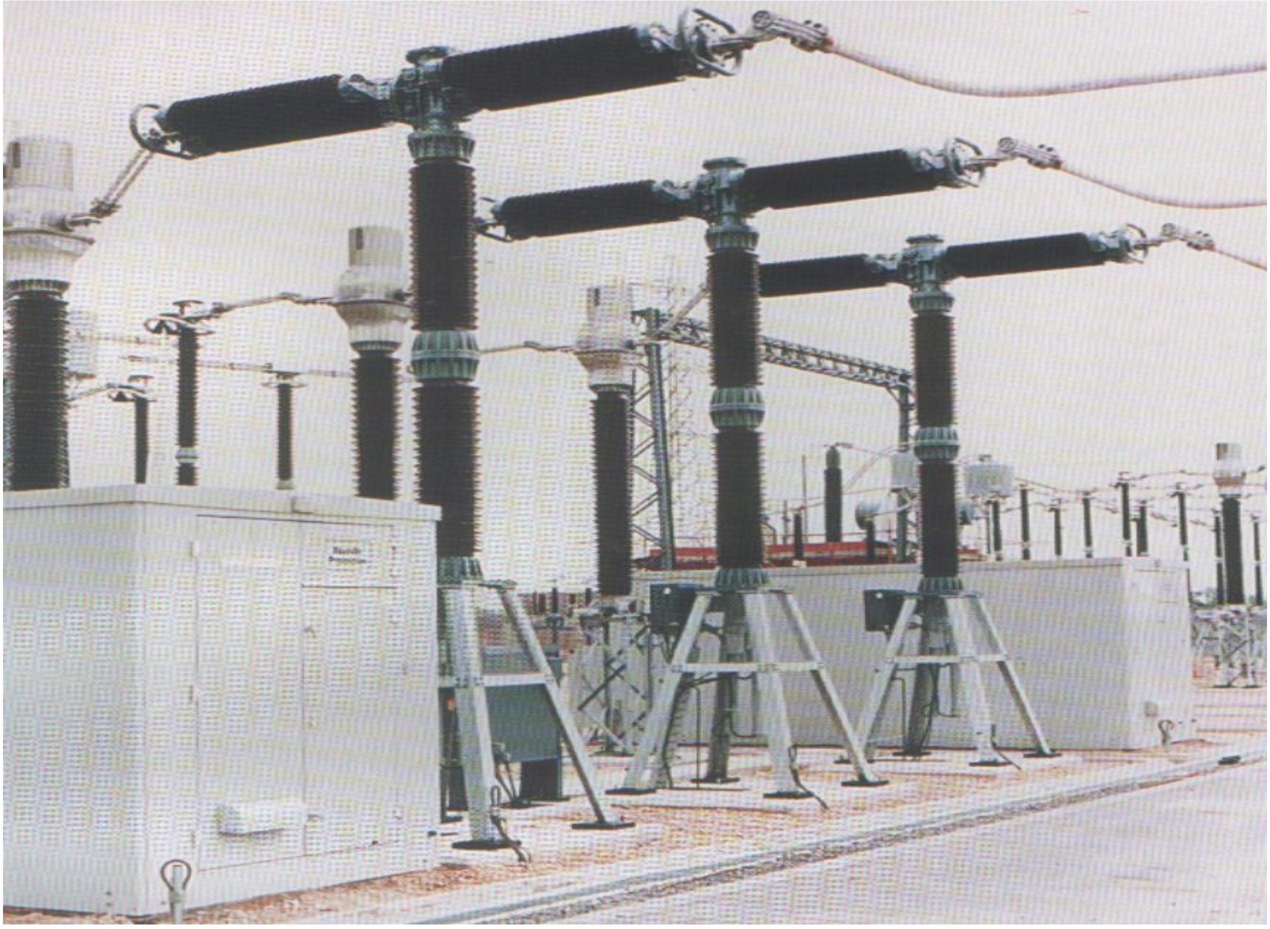
١. تفحص ملامسات القاطع ضد التآكل والتأكد من مشوار الفصل لهذه الملامسات طبقا لما هو وارد في كتيب التشغيل المرفق مع القاطع .

٢. لاختبار التفريغ الهوائي داخل القاطع يجرى اختبار تسليط جهد عالٍ على القاطع حسب القيم الواردة في كتيب الشركة المنتجة أو استخدام ٦٠٪ من القيم المختبر عليها في المصنع .

٣. يستخدم القماش الجاف والنظيف في تنظيف القواطع الفراغية وكذلك جميع أجزاء العزل من الأتربة والرطوبة .

٤. تفحص الأجزاء الميكانيكية كما في حالة القواطع الهوائية مع اختبار تشغيل القاطع تدريجيا بواسطة جهاز تشغيل يدوي خارجي وكذلك اختبار تشغيل القاطع كهربيا عدة مرات للتأكد من التشغيل الصحيح للقاطع .

٥. يتم تزييت الأسطح المنزلقة أو المتحركة مثل الكامات وأسنان التروس والأجزاء الدوارة أثناء عمليات الصيانة طبقا لتعليمات الشركة المنتجة من حيث طريقة التزييت والوقت اللازم لذلك . شكل (٢- ١٢) يبين الشكل الخارجي لأحد القواطع الفراغية .



شكل (٢- ١٢) – الشكل العام لأحد القواطع الفراغية .

إجراءات الصيانة للقواطع الغازية SF6 :

١. يتم تسجيل عدد مرات التشغيل مع إجراء فحص ظاهري للقاطع وإعداد تقرير عن الظواهر غير الطبيعية .

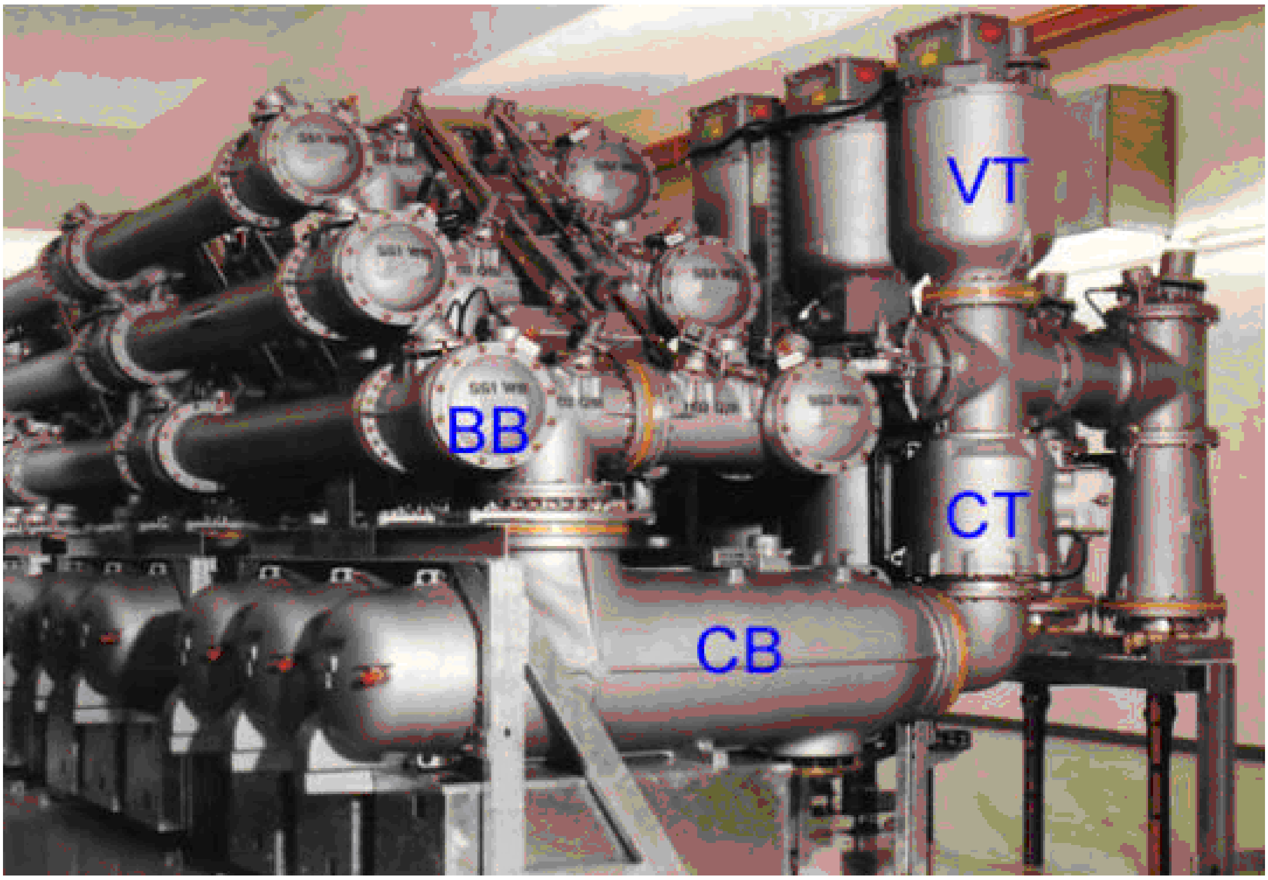
٢. يوضع القاطع في وضع الاختبار ، وباستخدام جهاز الاختبار يتم تشغيل القاطع كهربيا مع اختبار تشغيل جميع المرحلات الكهربائية ومفاتيح الفصل الكهربائية والمحركات ومفاتيح التحكم وأجهزة البيان التي تعمل مع القاطع .

٣. يتم إخراج القاطع من السياج أو الهيكل المحيط به وتفحص جميع الأجزاء الداخلية للقاطع وتنظف الأتربة العالقة بالملامسات والعوازل وميكانيزم التشغيل كما يتم التأكد من ربط مسامير التثبيت للأجزاء المختلفة مع فحص الأجزاء الحاملة للتيار والتأكد من خلوها من أية إشارات تدل على أنها معرضة لارتفاع في درجة الحرارة .

٤. تفحص أجزاء القاطع فحصا وظيفيا للتأكد من أن كل جزء يقوم بوظيفته كاملة وخاصة خامدات القوس الكهربائي حيث يجب أن تكون نظيفة دون أية تراكمات كربونية .

٥. يفحص القاطع للتأكد من عدم تسرب غاز SF6 بواسطة كاشف التسرب ، وفي حالة عدم تواجد هذا الجهاز يتم اكتشاف التسرب بوضع محلول صابوني على الوصلات .

٦. يفحص أيضا القاطع ضد انخفاض ضغط الغاز بواسطة جهاز المانومتر والذي يعطي إشارة عند وصول الضغط داخل القاطع إلى القيمة الصغرى له ، وفي حالة حدوث انخفاض سريع يجب أن يوصل القاطع على أسطوانة الغاز حتى تتم استعادة الضغط الطبيعي للقاطع .

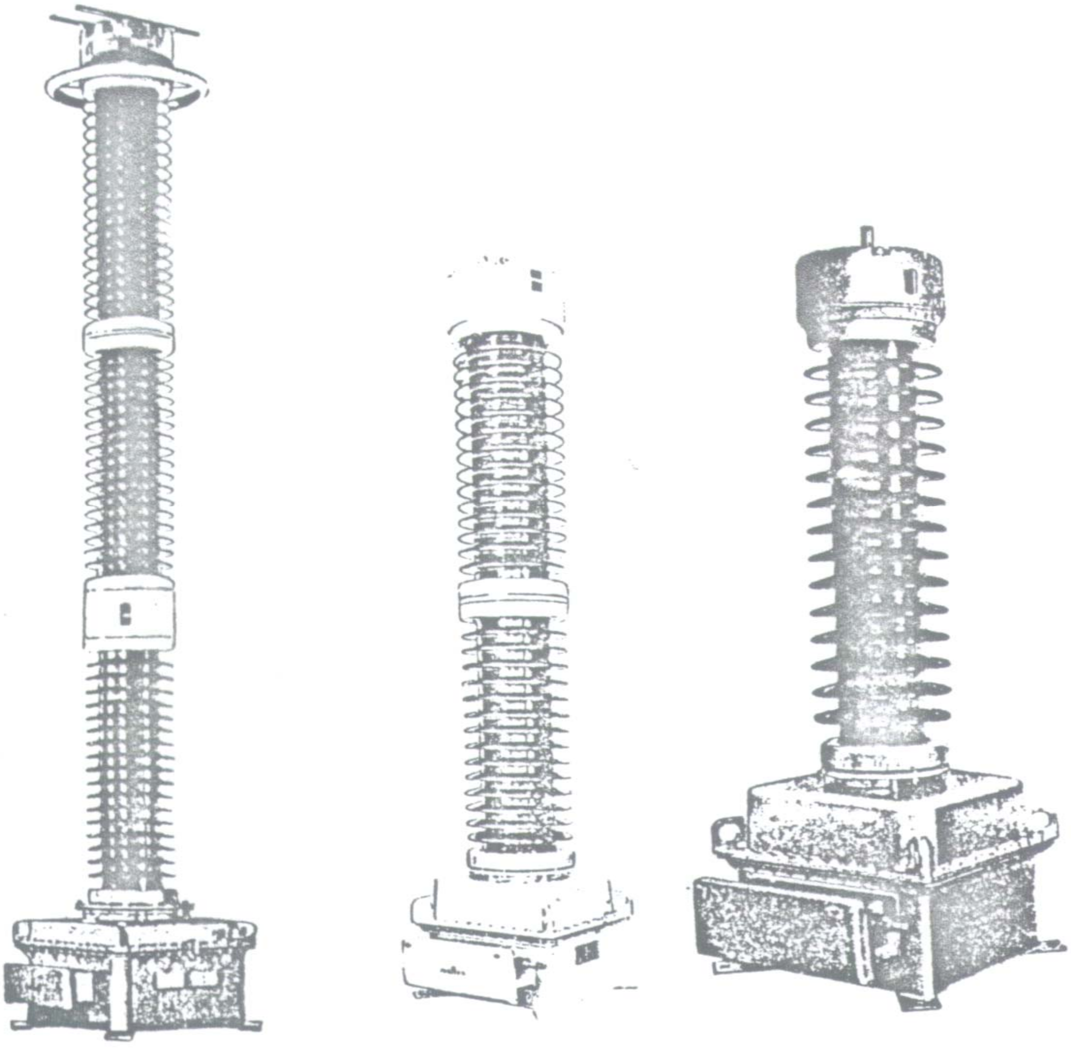


شكل (٢- ١٣) – الشكل العام لأحد القواطع الغازية .

٢- ٨ : صيانة محولات القياس والحماية Maintenance of Instrument Transformers

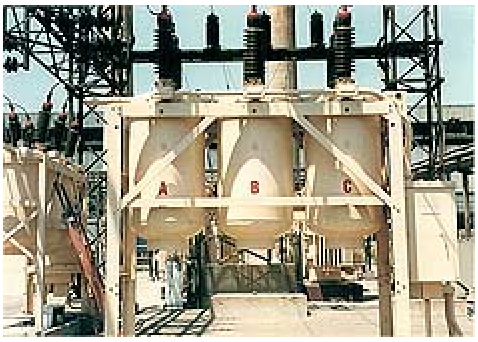
نظرا لوجود مستويات عالية أو فائقة للجهود والتيارات في محطات التحويل إلى جانب متطلبات القياس للجهد والتيار وغيرها من الكميات الكهربائية الأخرى حيث لا يمكن أن تقاس الجهود التي تكون أعلى من ٦٠٠ فولت مباشرة وذلك لخطورة الاقتراب من الجهود العالية ، إضافة إلى تغذية دوائر

المرحلات ودوائر التحكم بالإشارات اللازمة لها من الجهد أو التيار فإنه تستخدم محولات القياس (محولات الجهد ومحولات التيار) بغرض خفض الجهود والتيارات الكبيرة إلى المستويات المطلوبة في عمليات القياس والتحكم والحماية . وتوضع هذه المحولات في الأجواء المفتوحة ضمن مخطط المحطة ، كما يتم عزل هذه المحولات بعوازل من البورسلين . الأشكال (٢- ١٤) ، (٢- ١٥) توضح نماذج لبعض محولات الجهد والتيار المستخدمة في محطات التحويل .



شكل (٢- ١٤) - نماذج لبعض محولات الجهد والتيار المستخدمة في محطات التحويل .

ويمكن فحص واختبار هذه المحولات باتباع إجراءات صيانة واختبار محولات القدرة المغمورة في الزيت من حيث الفحص قبل دخولها الخدمة واختبارات القبول وخاصة اختبار نسبة التحويل إضافة إلى إجراءات الصيانة الوقائية والدورية لهذه المحولات .



شكل (٢- ١٥) - نماذج لبعض محولات الجهد والتيار المستخدمة في محطات التحويل .

٢- ٩ : صيانة واختبار أجهزة الحماية :

Protective Devices Testing and Maintenance

تعتبر أجهزة ومنظومات الحماية من أهم عناصر محطات التحويل حيث تقوم هذه الأجهزة بتأمين ضروريات الحماية والتحكم في تشغيل هذه المحطات من بعد ، وتشتمل أجهزة الحماية على :

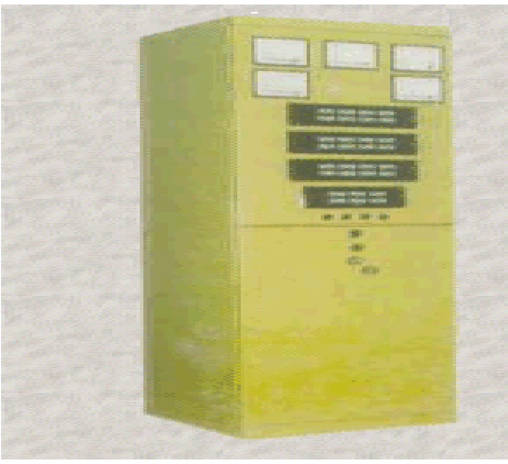
- مرحلات الحماية : ويوجد منها أنواع مختلفة لحماية منظومات القوى ضد الأخطاء الشائعة والفجائية .
- مانعات الصواعق الكهربائية : وتستخدم لحماية المحولات والمحاثات من الزيادة الفجائية في الجهد.
- أجهزة القياس التي تقوم بقياس القيم الكهربائية المختلفة .
- لوحات التحكم ومعدات الاتصالات : وتقوم بالتحكم بتشغيل الأجهزة والمعدات الكهربائية إما عن طريق مركز المراقبة والتحكم باستخدام معدات الاتصالات المتوفرة في المحطة أو مباشرة من داخلها عن طريق شخص يكون مخولاً ومكلفاً بذلك .

ويتم اختبار أجهزة الحماية باختبار الحقن الثانوي ، والذي يتمثل في حقن تيار بملفات أجهزة الحمايه للتأكد من ضبطها على تيار الضبط المطلوب ضبط الأجهزة عليه والمسمى Current Setting وتوجد أنواع مختلفة من الأجهزة المستخدمة في اختبار أجهزة الحماية من حيث انتسابها إلى شركات التصنيع ، إلا أن الوظيفه واحدة لهذه الأجهزة وهي حقن تيار وقياس الزمن الخاص بفصل أجهزة الحماية المختبرة .

ويوجد نوعان من قياس الزمن حيث يتم قياس زمن فصل جهاز الحماية فقط ، أو قياس زمن الفصل شاملا" زمن فصل جهاز الحماية بالإضافة إلى زمن فصل القاطع في حالة توصيله وهو في وضع اختبار وفي هذه الحالة يمكن التأكد من إلية عمل القاطع عند حدوث عطل .

وتتم اختبارات الحقن الثانوى بصفة دورية كل ستة أشهر وبالتبادل مع اختبارات الحقن الابتدائي التي تجرى للتأكد من توصيلات محولات التيار حيث يتم حقنها بالتيار المقنن لها وهذه الاختبارات على جانب كبير من الأهمية .

ويتم استبعاد أجهزة الحماية التي تفشل في الاختبارات وإحالة هذه الأجهزة إما للصيانة أو الاستبدال على حسب حالة كل منها .



شكل (٢- ١٦) – نماذج للوحات أجهزة الحماية والتحكم في محطات التحويل .

شكل (٢- ١٧) – اختبار مرحلات الحماية في محطات التحويل .

٢- ١٠ : صيانة البطاريات (دوائر التيار المستمر) :

Battery or D.C Circuits Maintenance

تعرف البطارية على أنها الإلة العملية الوحيدة القادرة على اختزان القدرة الكهربائية ، وذلك على شكل قدرة (طاقة) كيميائية يتم تحويلها إلى طاقة كهربائية عند الحاجة ، وتتكون البطارية من :

- السائل الإلكتروليتي : وهو الوسط الناقل كهربائيا والموجود في البطارية ، وهو عبارة عن محلول حمض الكبريتيك في الماء (H_2SO_4) في البطاريات الحمضية، أو ماءات البوتاسيوم في الماء (KOH) في البطاريات القلوية .
- تحتوي كل بطارية على نوعين من الألواح السالبة والموجبة .

- تستخدم البطاريات بكثافة تيارية معينة ، كما يتم شحن البطارية بتحويل الطاقة الكهربائية إلى كيميائية بتغذية طرفيها بتيار مستمر .

استخدامات البطاريات الأساسية في محطات التحويل :

١. منظومات الحماية سواء في تغذية دوائر المرحلات أو دوائر القواطع .
٢. دوائر التحكم : حيث إن جميع الإشارات التي تستخدم في تحويل الإشارات الحرارية والميكانيكية والهوائية وغيرها تحول إلى إشارات D.C ، بالإضافة إلى أنظمة حاكمات (PID) حيث تعمل على D.C voltage .
٣. حالات الطوارئ : حيث تستخدم في الإنارة لعدة ساعات في حالة Black out .
٤. تشغيل مضخة الزيت الخاصة بكراسي المحأور للتوربينات البخارية (Bearings) في حالة بدء التشغيل خوفا من تكسرها بسبب قوة اندفاع البخار وما يسببه من احتكاك .

ويتم فحص البطاريات ودوائر التيار المستمر دوريا كل ستة أشهر للتأكد من تمام عمل هذه البطاريات والدوائر المصاحبة لها . وتقوم إجراءات الصيانة للبطاريات باتباع الخطوات التإلىة :

- **فحص واختبار سائل البطاريات :** يتم فحص واختبار السائل الإلكتروليتي للبطاريات شهريا حيث يقاس مستوى أو منسوب السائل داخل البطاريات وزيادة منسوب هذا السائل عند انخفاضه بإضافة ماء مقطر إلى البطاريات بحيث يغمر السائل حافة الألواح ويعلوها بحوإلى 2→1 بوصة ، علأوة على ذلك يتم اختبار درجة الحامضية لهذا السائل وضبطها عند درجة معينة طبقا للمواصفات الفنية للبطاريات وذلك لضمان عمل البطاريات بكفاءة ، ويتم ذلك بقياس كثافة سائل البطارية باستخدام ميزان الكثافة (الهيدرومتر)، ثم قراءة الكثافة على عوامة الهيدرومتر . والجدول التإلى يبين قراءة الكثافة وحالة البطارية في الأحوال المختلفة :

حالةالبطارية	الكثافة
بطارية كاملة الشحن	1.265 → 1.290
بطارية نصف مشحونة	1.205 → 1.230
بطارية مفرغة الشحنة	1.110 → 1.165

- **فحص ألواح البطاريات** : تتضمن إجراءات الصيانة للبطاريات أيضا فحص الألواح الموجبة والسالبة للبطاريات نصف سنويا وذلك لمنع تراكم أملاح كبريتات الرصاص التي يصعب تحليلها ونزعها من الألواح بعد أن تتراكم عليها مما يؤدى إلى فساد البطارية وهو ما يطلق عليه ظاهرة (التملح) ، وتحدث هذه الظاهرة عند تشغيل البطارية أو تفريغها مع انخفاض جهد العمود الواحد إلى حوإلى 1.8 volt (الجهد المقنن لكل عمود من أعمدة البطارية هو 2 volt) .

- **اختبار سعة وجهد البطاريات** : تختلف كمية الكهرباء التي يمكن تخزينها في البطاريات باختلاف أسطح الألواح المتكونة منها والوحدة العملية لقياس قدرة البطارية على التخزين تسمى (السعة)، وهي عبارة عن مقدار شدة التيار الذي يمكن أخذه من البطارية مضروبا في مقدار الزمن الذي يمكن أن تفرغ فيه قبل أن يصل الجهد بين أقطاب أعمدتها إلى 1.8 volt.

فإذا فرضنا أن بطارية أعطت 87A لمدة 10 ساعات ، فإن سعة البطارية تكون

Battary Capacity = 87 * 10 = 870 Amper.Hour.

وتشتمل عملية الصيانة للبطاريات على اختبار السعة عن طريق قياس معدل التفريغ لها ومقارنته بالسعة المقننة للبطارية ، إضافة إلى ذلك يتم اختبار الضغط بين أعمدة البطارية باستخدام الفولتميتر.

- **شحن البطاريات** : وتتم هذه العملية بواسطة جهاز الشحن أو الشاحن Charger وهو عبارة عن جهاز خاص يقوم بتغذية أطراف البطارية بتيار كهربائي مستمر ، وعادة يحتوي هذا الجهاز على محول خفض كهربائي يعمل على تخفيض جهد منبع التيار المتردد المستخدم في شحن البطارية إلى الجهد المقنن للبطارية ، ويتبع هذا المحول مرحلتا التقويم والتنعيم اللتان تعملان على تحويل التيار الكهربائي المتردد الخارج من المحول إلى تيار مستمر نقي لا يحتوي على أية تشوهات *Ripples* لتغذية أطراف البطارية وشحنها بالطاقة الكهربائية وإعادة مستوى جهدها إلى القيمة المقننة له .

ويجب غسل البطارية على فترات ثم إعادة تزويدها بالحامض وشحنها ، ويكون الغسل بفصل البطارية من الدائرة الكهربية ونزعها من مكانها وتفريغها مما تحويه من حامض ووضع ماء مقطر بدلا منه عدة مرات حتى نرى الماء خإليا من الرواسب، بعد ذلك تملأ البطارية بالحامض من جديد مع مراعاة أن تكون كثافته في حدود $1.290 \rightarrow 1.265$ ثم تشحن البطارية بعد ذلك ، ويجب مراعاة إبعاد البطارية تماما عن مصادر اللهب خاصة في مراحل الشحن النهائية نظرا

لخروج غازات الهيدروجين والأوكسجين قرب نهاية عملية الشحن مما قد يؤدى إلى عملية الانفجار، إضافة إلى ذلك يجب ألا تترك البطارية غير مستعملة بدون شحن بل يجب أن تشحن قبل تخزينها ، ويعاد ذلك على فترات أثناء تخزينها .

- **استبدال البطاريات** : يتم استبدال البطاريات عند حدوث التملح الشديد للألواح بحيث لايمكن إزالته بإعادة الشحن وينتج ذلك التملح الشديد عن التفريغ السريع للبطاريات أو تركها غير مشحونة بدون استخدام فترة طويلة ، أيضا يتم الاستبدال عند حدوث دوائر قصر بين الألواح نتيجة للاتصال الداخلى بين الألواح الموجبة والسالبة مما يعني انعدام جهد أحد الأعمدة أو أكثر من عمود ، ويمكن علاج القصر بغسل البطارية ثم إعادة شحنها، فإذا بقي القصر كما هو وجب تغيير الألواح أو استبدال البطارية .

- **تعليمات السلامة الخاصة بصيانة البطاريات** : يجب اتباع ومراعاة إجراءات السلامة عند صيانة البطاريات والتي تشمل ما يلي :

١. يجب ألا يزيد ارتفاع السائل عن $2\rightarrow1$ بوصة فوق الألواح منعا لفيضان السائل مع الاهتزاز أو فوران البطارية عند ارتفاع درجة حرارة السائل مما يؤدى إلى تآكل أجزاء التوصيل .
٢. عند إعادة تركيب البطارية مكانها بعد عملية الشحن يجب التأكد من أن طرفي البطارية السالب والموجب قد أحكم وضعهما وربطهما .
٣. يجب تجنب الشحن الزائد عند شحن البطاريات .
٤. تجنب فتح البطاريات بالقرب من أي لهب منعا لحدوث مخاطر نتيجة تصاعد غاز الهيدروجين .
٥. إزالة الشوائب التي تظهر على هيئة بودرة علي أطراف البطارية .
٦. تجنب وقوع أي نوع من أنواع الشوائب الموجودة على هيئة بودرة على أيدي القائمين على الصيانة أو ملابسهم ، وفي حال حدوث ذلك فيجب إزالتها بالماء بعناية منعا للإصابة بالضرر .
٧. يجب مراعاة وجود غرفة خاصة لغسل العيون والوجه والأيدي عند التعرض للمحاليل الحمضية وغير ذلك من المشاكل التي قد تطرأ أثناء عمليات الصيانة .

٢- ١١ : صيانة قضبان التوزيع Maintenance of Bus Bars

تعتبر قضبان التوزيع هي الوسيلة الأساسية في ربط المولدات الموجودة في محطات التوليد بالمحولات أو ربط المحولات من الجانب الآخر بخطوط نقل القدرة ، كما أنها تساعد على عمل التركيبات المختلفة لمنظومات القوى الكهربائية وتأخذ هذه القضبان أشكالا مختلفة على حسب شدة التيار المار خلالها حيث تصنع على شكل قضبان دائرية أو مربعة أو مستطيلة من النحاس أو الألمنيوم .

وتوجد في مخططات محطات التحويل أنواع مختلفة من قضبان التوزيع تختلف في تركيبها على حسب الغرض الذي صممت المحطة من أجله مثل :

- قضبان التوزيع الفردية single bus-bars
- قضبان التوزيع المجزأة sectionalized bus-bars
- قضبان التوزيع المزدوجة duplicate bus-bars

وغيرها من التركيبات التي تخدم أغراضا معينة في منظومات القوى الكهربائية . ويمكن اتباع الخطوات والإجراءات التالية لصيانة قضبان التوزيع في محطات التحويل :

١. تفحص القضبان للتأكد من خلوها من التلفيات السطحية مثل الشروخ أو الأجزاء المكسورة وتستبدل هذه الأجزاء التي قد تتسبب في فصل أجزاء من المحطة أو فصل الخدمة عن مجموعة من المستهلكين .

٢. تنظف قضبان التوزيع من الملوثات المختلفة مثل تراكم الأتربة والأوساخ والمواد العالقة الغريبة التي قد تتسبب في زيادة مقاومة هذه القضبان وبالتالي زيادة الجهد المفقود بها .

٣. تفحص عناصر تثبيت هذه القضبان من عوازل وغيرها للتأكد من أنها مثبتة جيدا وغير معرضة للانهيار بفعل تأثير الرياح أو الأمطار أو غير ذلك من الظواهر الخارجية .

٤. يراعى فحص مجزئات القضبان إذا كانت من النوع المجزأ وإجراء الصيانة الدورية اللازمة لها تفاديا لحدوث مشاكل أثناء التشغيل أو أثناء النقل من قضيب إلى آخر عند حدوث خطأ على القضبان .

٥. يجب أن يجرى اختبار الكورونا عند التشغيل حيث ينتج عن هذه الظاهرة نوع من الضوضاء مصحوبا بصوت يشبه الأزيز والطقطقة مع ارتفاع في درجة الحرارة مما يؤثر على العوازل التي تحمل هذه القضبان .

شكل (٢- ١٨) – فحص وتنظيف قضبان التوزيع في محطات التحويل .

٢- ١٢ : صيانة عوازل المحطة Maintenance of Station Insulators

تستخدم العوازل في محطات التحويل وغيرها في عزل الأجزاء الحاملة للتيار عن الأجزاء غير الحاملة للتيار ومن هنا يتضح أن للعوازل دور في غاية الأهمية في منظومات القوى الكهربائية ، وعلى ذلك يجب فحص هذه العوازل دوريا حتى يمكن تجنب الانهيارات الكهربائية قبل حدوثها . ويمكن اتباع الخطوات والإجراءات التالية لصيانة عوازل محطات التحويل :

١. تفحص العوازل للتأكد من خلوها من التلفيات السطحية مثل الشروخ أو الأجزاء المكسورة وتستبدل هذه الأجزاء المتسببة في تلف العازل .

شكل (٢- ١٩) - نماذج لبعض العوازل المستخدمة في محطات التحويل .

٢. تفحص أسطح العوازل ضد التلوث مثل تراكم الأتربة والأوساخ والمواد العالقة الغريبة، وتنظف جميع العوازل الملوثة .

٣. تفحص عناصر تثبيت العوازل للتأكد من أنها مثبتة جيدا وغير معرضة للانهيار بفعل تأثير الرياح أو الأمطار أو غير ذلك من الظواهر الخارجية .

٤. يجب تنظيف العوازل بمصدر جاف غير رطب حتى لاتؤثر الرطوبة على جودة العزل ، وفي حالة تعرض هذه العوازل لظروف محيطة تحتوي على أبخرة أو مواد كيميائية يجب أن تنظف بتيار هوائي جاف ساخن لإذابة وإزالة التراكمات الكيميائية .

٥. في حالة العوازل التي لا تستجيب للتنظيف البسيط يستخدم محلول الأمونيا أو المنظفات الأخرى الخاصة بتنظيف أسطح السيراميك أو البورسإلىن ، مع الأخذ في الاعتبار أن يكون سطح العازل بعد التنظيف ناعما ولامعا ويخلو من أية خشونة ودهان العازل بطبقة من الورنيش للوصول إلى جودة العزل المطلوبة .

شكل (٢- ٢٠) – طرق تنظيف عوازل محطات التحويل .

٦. يجب أن يجرى اختبار الكورونا عند التشغيل حيث ينتج عن هذه الظاهرة نوع من الضوضاء مصحوبا بصوت يشبه الأزيز والطقطقة مع ارتفاع في درجة الحرارة مما يؤثر على وظيفة العوازل . كما يجب أيضا اختبار مقاومة العوازل وقياسها بواسطة أجهزة الميجر ذات المدى الكبير ،

ويعتبر العازل غير جيد ويحتاج إلى صيانة إذا كانت مقأومته أقل من ٢٠٠٠٠ ميجا أوم مع مراعاة أن تقاس هذه المقأومة أثناء فصل العازل من الخدمة .

٢- ١٣ : فحص أجهزة الإنذار Alarm System Inspection

تعتبر أجهزة الإنذار من العناصر الهامة في منظومات الحماية حيث تقوم هذه الأجهزة بإصدار إشارات تحذيرية عند حدوث أي خلل أو عطل في عناصر منظومات القوى المختلفة ، ويصاحب تشغيل هذه الأجهزة عمل مرحلات الحماية لفصل العناصر المعطوبة أو الحادث عليها الخطأ طبقا لخطورة التغير في متغيرات التشغيل والناتجة عن حدوث الخلل أو الخطأ أو العطل ، وتشمل هذه الأجهزة أجهزة الإنذار السمعية والضوئية .

تقوم أجهزة الإنذار السمعية بإصدار أصوات تحذيرية في حال حدوث الأعطال أو الأخطاء وتتدرج حدة الصوت التحذيري الناتج عن أجهزة الإنذار طبقا لخطورة نتائج حدوث العطل أو الخطأ ، حيث تبدأ هذه الأجهزة في إصدار أصوات تحذيرية ذات حدة منخفضة عند حدوث تغيير منخفض في متغيرات تشغيل أي من عناصر المنظومة وتزداد حدة الصوت كلما زاد التغير أو خطورة نواتج هذا التغير لتنبيه القائمين على التحكم باكتشاف نوع العطل واتخاذ الخطوات اللازمة والسريعة لتفادي نواتجه قبل أن تقوم مرحلات الحماية بالتدخل وفصل هذه العناصر المعطوبة من الخدمة .

على الجانب الآخر تقوم أجهزة الإنذار الضوئية بإصدار إشارات ضوئية تحذيرية في حال حدوث الأعطال أو الأخطاء تتمثل في تغير فلاشي في لون لمبات أو إشارات البيان التحذيرية ، ويدل اللون الأخضر الفاتح على عمل عناصر المنظومة تحت ظروف التشغيل الطبيعية ، بينما يدل تغير لون اللمبات أو إشارات البيان إلى اللون الأصفر أو البرتقإلى إلى حدوث أخطاء أو أعطال متدرجة الخطورة وتزاد سرعة التذبذب الفلاشي لهذه الإشارات مع زيادة خطورة نواتج الأعطال ، أما عند تحول هذه اللمبات البيانية أو الإشارات الضوئية إلى اللون الأحمر فإن ذلك يعني حدوث أعطال ذات مخاطر جسيمة تتطلب الفصل الفوري لهذه العناصر .

لضمان التشغيل الصحيح والدقيق لأجهزة الإنذار يتم فحصها واختبار عملها شهريا حيث يتم تشغيل هذه الأجهزة يدويا للتأكد من عملها على الوجه المطلوب وكذلك وضوح الإشارات الصوتية والضوئية الصادرة عنها ووصول هذه الإشارات إلى الأماكن التي يجب أن تصل إليها .

٢- ١٤ : فحص دوائر وصناديق التأريض Earthing System Inspection

تشمل دوائر التأريض بالمحطة كلاً من المفاتيح المصاحبة لمعدات الفصل اليدوية والعوازل الداعمة وأبراج المعدات ، ومحولات التأريض . وتستخدم عناصر التأريض من أجل تأريض الأجزاء المفصولة أو المعزولة أو غير الحاملة للتيار وذلك لتأمين الحماية للعاملين على معدات الدوائر الكهربائية عند عمليات الصيانة والفحص لها .

ويتم فحص دوائر وصناديق التأريض واختبار عملها دوريا كل ستة أشهر حيث يتم قياس مقأومة التأريض لهذه الدوائر والصناديق ومطابقتها بالقيم المصممة عليها للتأكد من عملها على الوجه المطلوب وكذلك توفير السلامة والأمان للعاملين في مختلف أجزاء المحطة . ويتم قياس مقأومة الأرض بطرق وبأجهزة عديدة منها

١. الميكروأوميتر Ducton Tester or Micro-Ohmeter : وهو عبارة عن جهاز أوميتر لكنه يستخدم لقياس المقأومات ذات القيم المنخفضة جدا كما هو الحال عند قياس مقأومة دائرة التأريض أو مقأومة الأرض ، الجدول التإلى يوضح بعض أنواع هذه الأجهزة ومدى القياس لكل منها مع إيضاح للنوع الرقمي كما في شكل (٢- ٢١) :

.٢

النوع	مدى القياس
• ميكروأوميتر عالي الدقة	1 µΩ → 199.9 Ω ; Error = 0.02%
• ميكروأوميتر عالي الأداء	1 µΩ → 19.99 Ω ; Error = 0.025%
• ميكروأوميتر رقمي نقال مع ضبط أوتوماتيكي للمدى	1 µΩ → 600 Ω ; 10 A

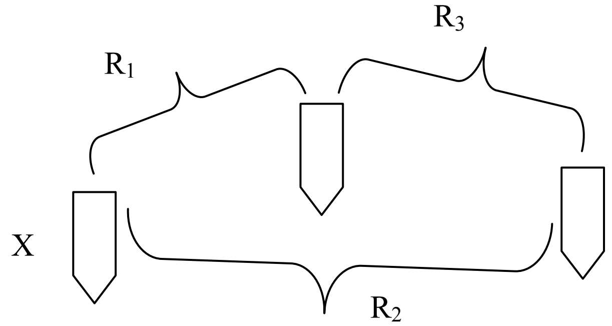
شكل (٢- ٢١) – ميكروأوميتر رقمي نقال مع ضبط أوتوماتيكي للمدى .

٣. الميجر **Megger** : يتم قياس مقأومة دائرة التأريض وكذلك مقأومة الأرض أيضا باستخدام جهاز الميجر مع الاستعانة بأطراف توصيل ، وموصلات اختبار ، وبطارية . ويتم استخدام جهاز الميجر عند قياس مقأومة الأرض بالطرق الشائعة والمعروفة والتي تشمل :

شكل (٢- ٢٢) – جهاز الميجر المستخدم في قياس مقأومة الأرض .

- **طريقة الثلاث نقاط** : حيث يستخدم اثنان من الإلكترودات المساعدة مع الإلكترود الرئيس كما هو موضح بشكل (٢- ٢٣) ، وقياس مقأومة كل الإلكترودات ، مع مراعاة زيادة المسافة بين الإلكترودات حتى نحصل على قيم ثابتة للمقأومات المقاسة وبالتالي حساب قيمة مقأومة الأرض :

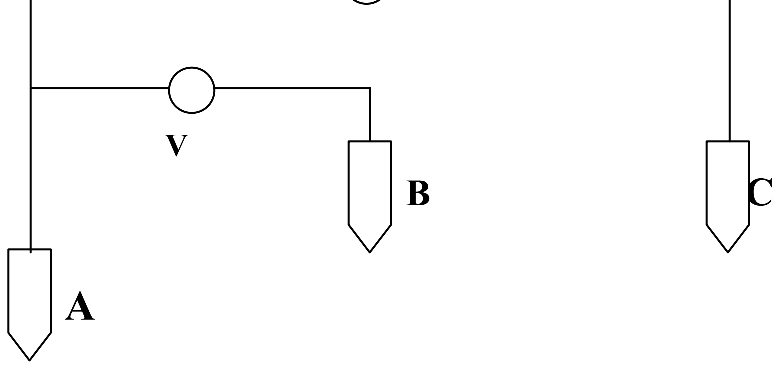
$$X = (R_1 + R_2 + R_3) / 2$$



شكل (٢- ٢٣) – استخدام الميجر لقياس مقأومة الأرض بطريقة الثلاث نقاط .

- **طريقة انخفاض الجهد** : وهذه الطريقة هي الأكثر شيوعا في قياس مقأومة الأرض حيث يستعمل إلكترودان مساعدان B , C على مسافة مناسبة من الإلكترود الرئيس A كما هو موضح بشكل (٢- ٢٤) ، ثم يوضع مصدر كهربائي ذو تيار معروف بين الإلكترودين A , C وقياس فرق الجهد بين الإلكترودين A , B وحساب قيمة مقأومة الأرض كالآتي :

$$R_e = V/ I$$



٢- ١٥ : إعادة توصيل المحطة للخدمة Susstation Restoring

بعد انتهاء عمليات و إجراءات الصيانة على محطات التحويل سواء كانت هذه الصيانة جزئية أو كلية فإنه يجب إعادة المحطة إلى الخدمة ، ويتم ذلك أيضا على مرحلتين مع اتباع مبدأ آخر جزء تم فصله هو أول جزء يعاد توصيله (**LOFC**) Last Opened, First Closed .

أ – في بداية إعادة المحطة إلى الخدمة ترفع اللوحات والإشارات التحذيرية التي تم وضعها سابقا على لوحات التحكم الخاصة بالقواطع ، كما ترفع اللوحات الموضوعة بالقرب من أو على الأجزاء الموضوعة تحت الصيانة.

ب - كخطوة ثانية لإعادة المحطة إلى الخدمة يتم توصيل المفاتيح اليدوية بالمحطة بواسطة المسؤول عن فصل وتوصيل هذه المفاتيح واستبعاد عصي التأريض وخروج الشخص المسؤول إلى خارج نطاق الأجزاء الحاملة للتيار بالمحطة .

ج – في نهاية إعادة المحطة إلى الخدمة تستخدم القواطع الآلية الموجودة بالمحطة ، حيث يتم فك الفرملة الميكانيكية للقواطع (Circuit Breaker Unblocking) والتي تم عملها عند فصل هذه القواطع مع إعادة توصيل هذه القواطع من بعد باستخدام لوحات التحكم الخاصة بها .

د – يجب أيضا مراعاة إعادة محولات الحماية والقياس (محولات الجهد ومحولات التيار) إلى الخدمة لتغذية دوائر الحماية والتحكم والقياس وضمان الأداء الأمثل لعناصر المحطة وحمايتها من الأخطاء أو حالات التشغيل غير الطبيعية .

أسئلة وتمارين

١. عدد وظائف محطات التحويل

٢. اشرح بإيجاز خطوات الصيانة للوصول إلى تشغيل محطات التحويل بكفاءة عإلىة

٣. تكلم عن خطوات عزل المحطة كهربائيا

٤. اذكر فوائد استخدام اللوحات التحذيرية في محطات التحويل

٥. اشرح باختصار إجراءات الصيانة لمحولات القدرة الجافة

٦. اشرح باختصار إجراءات الصيانة لمحولات القدرة المغمورة في الزيت

٧. اشرح اختبارات القبول لمحولات القدرة المغمورة في الزيت

٨. اذكر إجراءات اختبار القواطع الجديدة

٩. اذكر إجراءات اختبار القواطع الموجودة بالخدمة

١٠. اشرح إجراءات الصيانة للقواطع الزيتية

١١. اشرح إجراءات الصيانة للقواطع الفراغية

١٢. اشرح إجراءات الصيانة للقواطع الغازية

١٣. اشرح إجراءات الصيانة لمحولات القياس والحماية

١٤. اشرح كيفية فحص واختبار أجهزة الحماية

١٥. اشرح الإجراءات والخطوات المتبعة في صيانة قضبان التوزيع في محطات التحويل

١٦. اشرح الإجراءات والخطوات المتبعة في صيانة عوازل محطات التحويل

١٧. اشرح أنواع وفوائد أجهزة الإنذار في محطات التحويل

١٨. اشرح خطوات إعادة المحطة إلى الخدمة

صيانة نظم القوى الكهربائية

صيانة خطوط النقل الكهربائية وعوازلها

الجدارة :

الأهداف :

عندما تكمل هذا الفصل تكون:

ملما بطرق صيانة خطوط النقل الكهربائية وعوازلها

مستوى الأداء المطلوب :

الوقت المتوقع للتدريب : ٩ ساعات

الوسائل المساعدة :

استخدام التعليمات في هذه الوحدة .

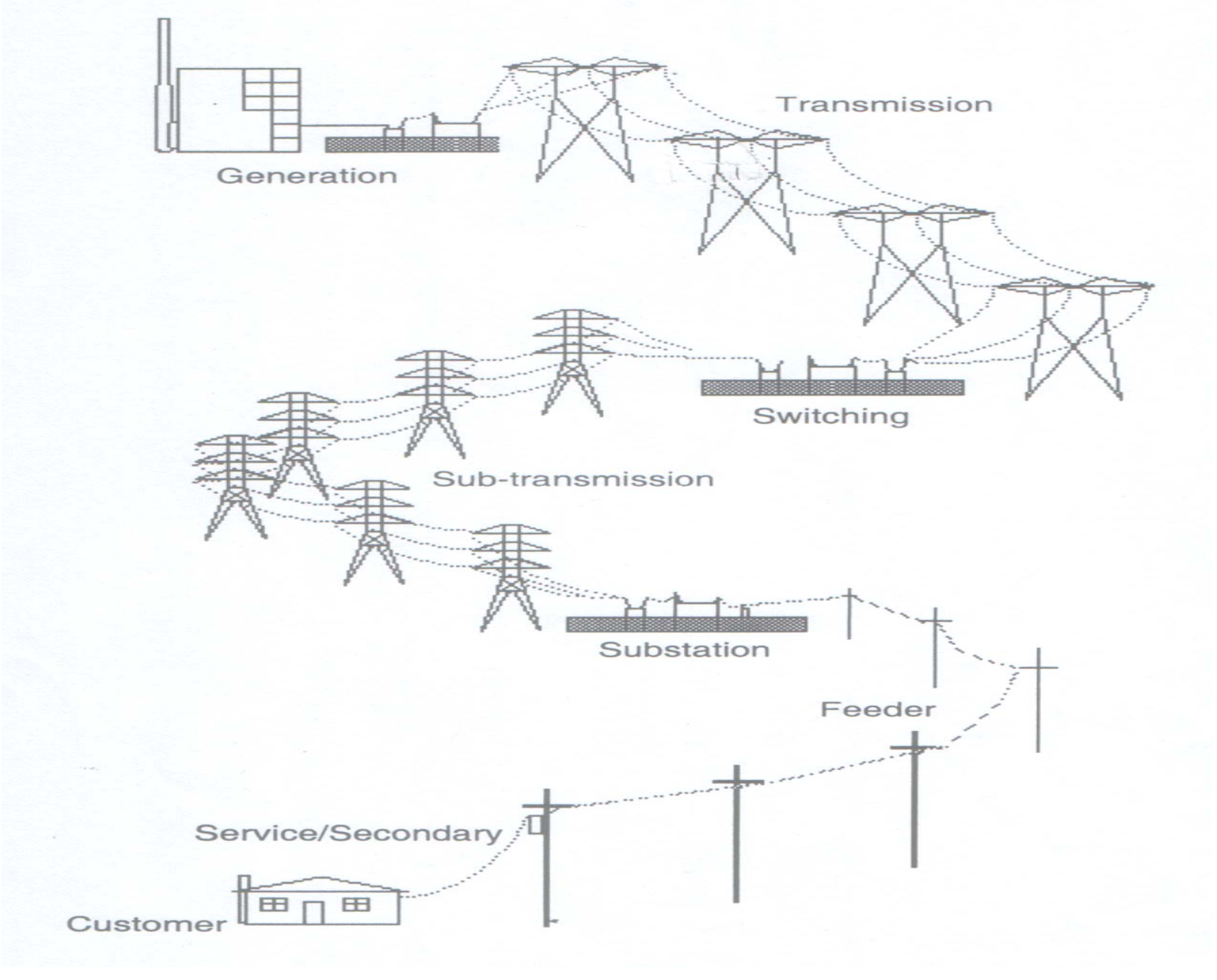
متطلبات الجدارة :

يجب التدرب على جميع المهارات الموجودة في الوحدة .

الفصل الثالث : صيانة خطوط النقل الكهربائية وعوازلها

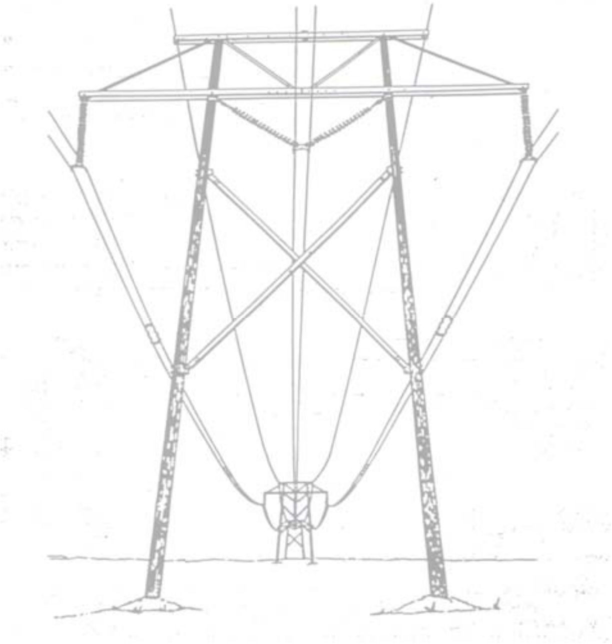
Maintenance of Transmission Lines and their Insulators

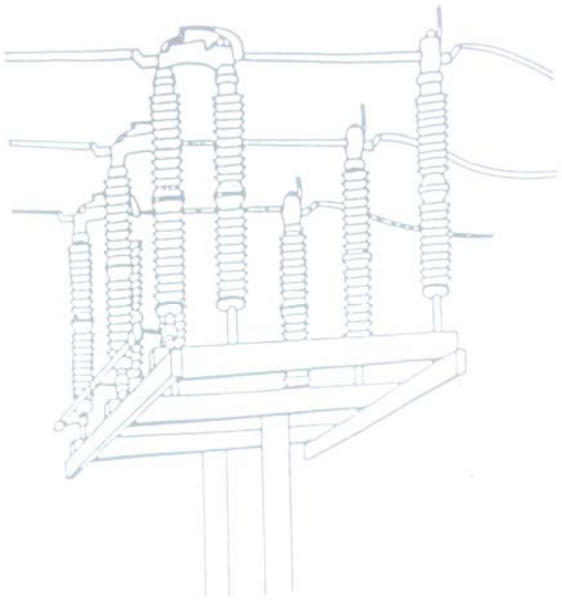
تعتبر خطوط نقل الطاقة الكهربائية من العناصر الفاعلة في منظومات القوى الكهربائية وتمثل وسائل الربط بين مناطق التوليد - حيث تنشأ محطات التوليد ومحطات التحويل الفرعية - ومناطق الاستهلاك حيث تتمركز الأحمال الكهربائية بأنواعها المختلفة ، وتحمل هذه الخطوط القدرات الكهربائية المنقولة عبرها على جهود متوسطة تصل إلى ٦٩ كيلو فولت ، أو جهود عالية تصل إلى ٤٠٠ كيلو فولت ، أو جهود فائقة قد تصل إلى ١٠٠٠ كيلو فولت .

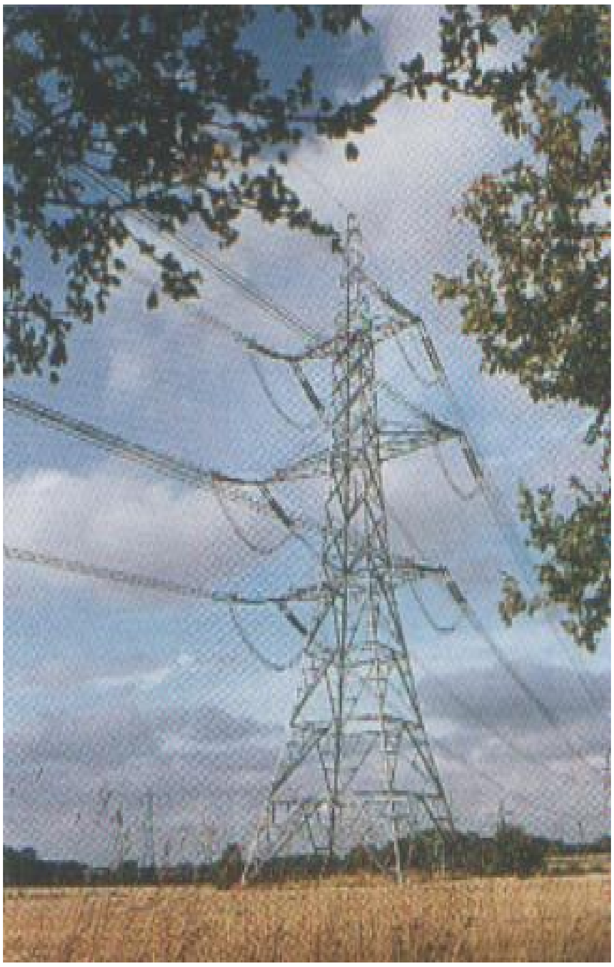


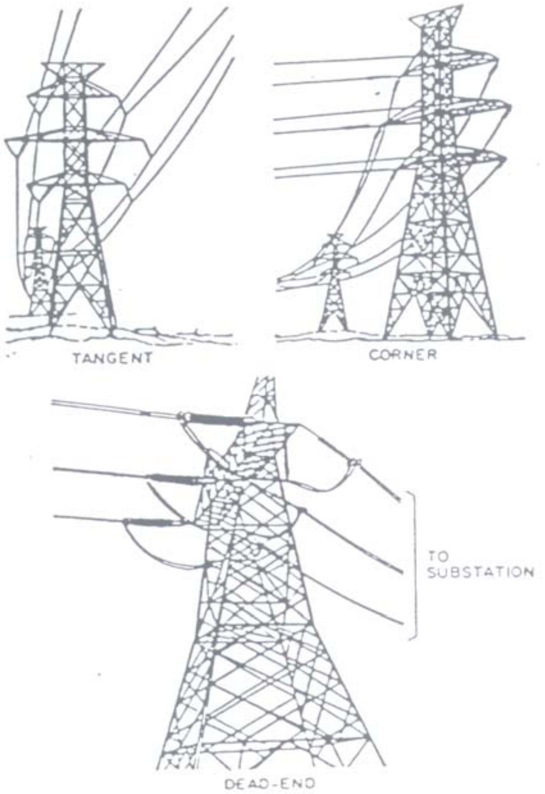
شكل (٣- ١) : خطوط النقل في منظومة القوى الكهربائية

وتتكون خطوط النقل من موصلات مجدولة مصنوعة إما من الألمنيوم أو شعيرات الألمنيوم المقوى بالصلب ، وتحمل هذه الموصلات على أبراج تصنع من قطاعات من الصلب أو أعمدة خرسانية أو أعمدة مصنوعة من مواسير من الصلب المجلفن على حسب مستوى الجهد المحمول على الخط ، كما تثبت هذه الموصلات على الأبراج أو الأعمدة عن طريق عوازل مصنوعة من الزجاج أو الصيني (البورسلين) أو من الصيني المغطى بطبقة من الزجاج على حسب مستوى الجهد المحمول على الخط أيضا . شكل (٣- ٢) يبين نماذج للأبراج وبدايات خطوط النقل الكهربائي والعوازل المستخدمة في ذلك .









شكل (٣- ٢) - نماذج لبعض أنواع الأبراج ومعدات الفصل إليدوية لخطوط النقل

٣- ١ : صيانة خطوط النقل الكهربائي

تتركز عمليات الصيانة لخطوط النقل الكهربائية في المهام التالية :

١. مد الخطوط الجديدة في مناطق صحراوية أو مناطق سكنية على حسب الحاجة والتوسعات المحتملة في شبكات أو منظومات النقل .

٢. استبدال الأبراج أو الأعمدة التالفة بفعل التآكل أو المعرضة للحوادث منعا لانهيار خط النقل.

٣. استبدال الموصلات التي تتعرض للقطع بفعل تأثير الرياح أو المؤثرات الخارجية ضمانا لاستمرارية التغذية ونقل القدرة الكهربائية على الخط .

٤. استبدال العوازل التي تنهار أثناء التشغيل بفعل ارتفاع الجهد عن الحد المطلوب أو المؤثرات الخارجية المحيطة بالعوازل من رطوبة وأمطار وبرق ورياح وغيرها .

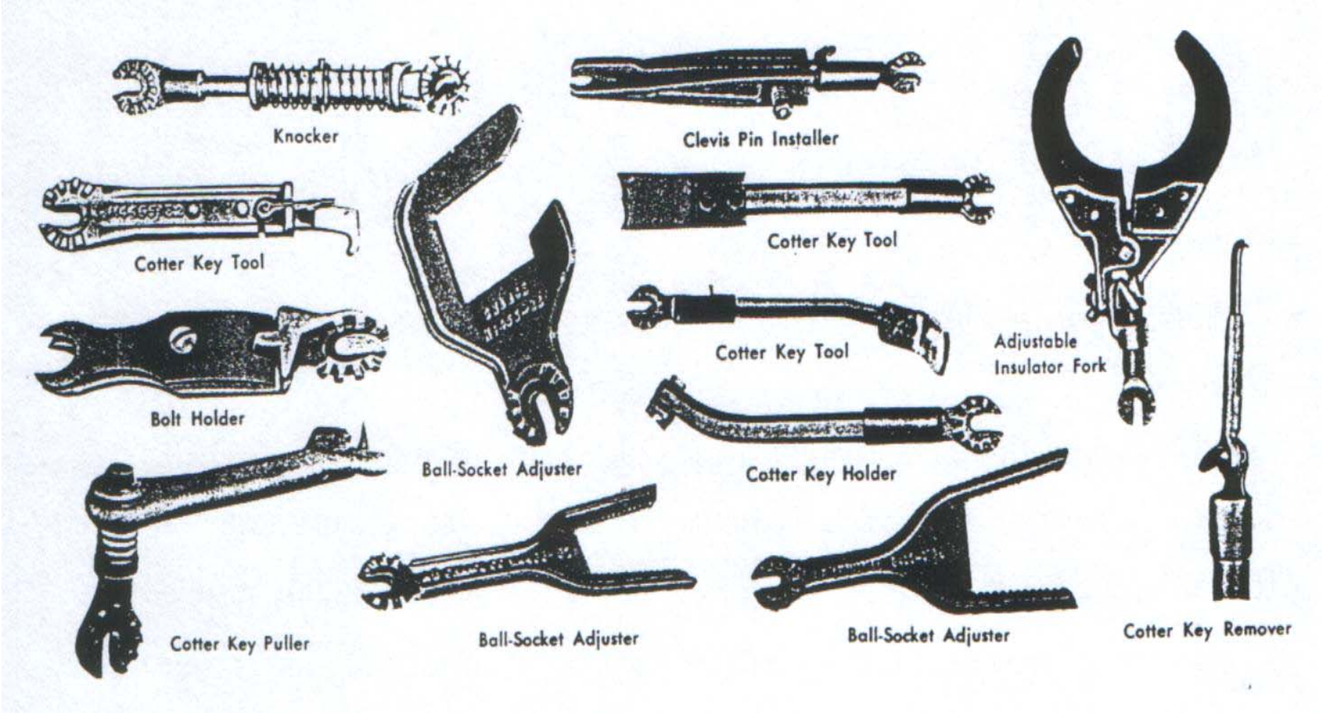
٥. تنظيف العوازل المعلقة على الخط للحفاظ على المتانة الكهربائية ودرجة العزل لها سواء أثناء التشغيل أو في فترات الصيانة الدورية للخطوط .

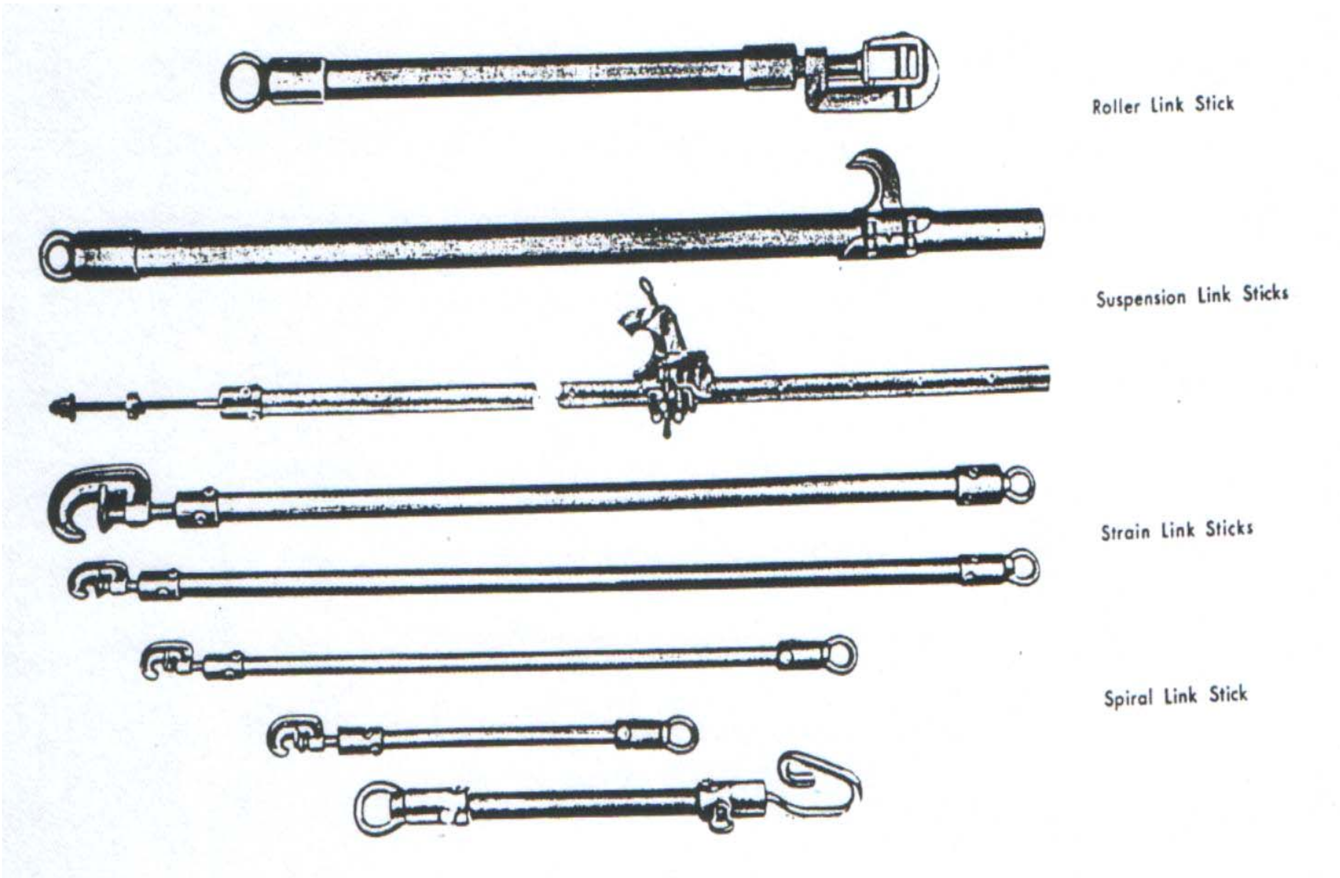
تجرى عمليات الصيانة لخطوط النقل في حالتين رئيستين هما :

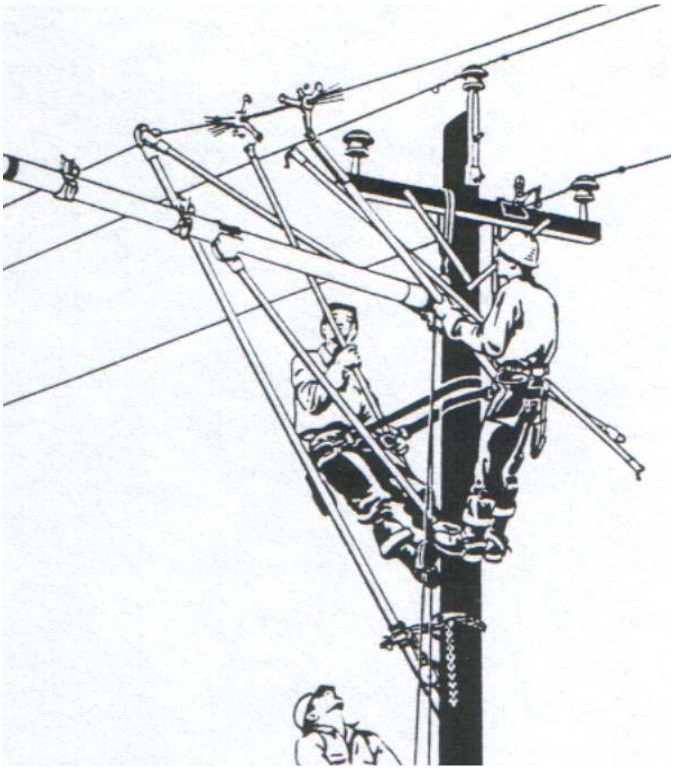
- صيانة الخطوط تحت الجهد Live Maintenance (Under voltage Maintenance)
- صيانة الخطوط المفصولة Maintenance of Disconnected Transmission Lines

٣- ١- ١ : صيانة الخطوط تحت الجهد Live Maintenance :

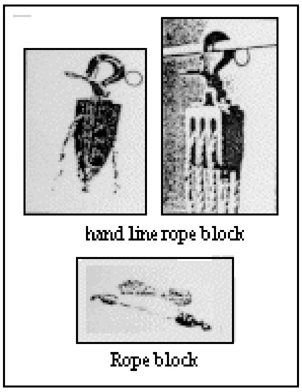
تتم هذه الصيانة بينما يكون الخط حاملا للجهد الكهربائي المتوسط أو العالي أو الفائق أي أثناء الخدمة وذلك في حالة الخطوط الاستراتيجية التي لا يمكن فصلها لإجراء الصيانة الدورية أو حتى إصلاح الأعطال أثناء الخدمة ، ويقوم بهذه المهمة فريق عمل مدرب تدريبا عاليا على العمل تحت الجهد ، كما تستخدم أدوات خاصة تشمل : قفازات عازلة حسب مستوى الجهد – بدلة عازلة يرتديها العامل – أقنعة واقية عازلة أيضا – معدات فك وتركيب معزولة ، كما يجب أن يراعى مستوى الجهد الذي تتم تحته الصيانة والمحمول على الخط بحيث لا يكون هناك فرق جهد بين العامل والخط حتى لا يحدث أي تفريغ كهربائي ، الأشكال التالية توضح عمل فريق الصيانة والمعدات المستخدمة لذلك .

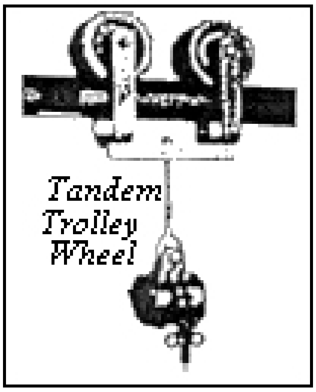

Knocker
Clevis Pin Installer
Cotter Key Tool
Cotter Key Tool
Bolt Holder
Cotter Key Tool
Adjustable Insulator Fork
Ball-Socket Adjuster
Cotter Key Holder
Cotter Key Puller
Ball-Socket Adjuster
Ball-Socket Adjuster
Cotter Key Remover

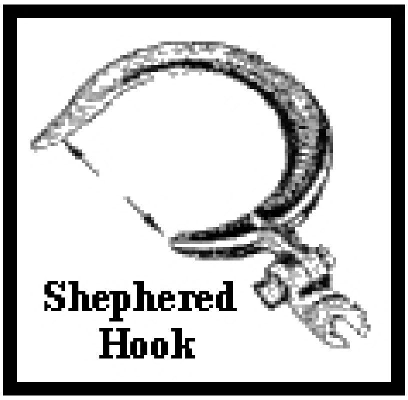

Roller Link Stick
Suspension Link Sticks
Strain Link Sticks
Spiral Link Stick



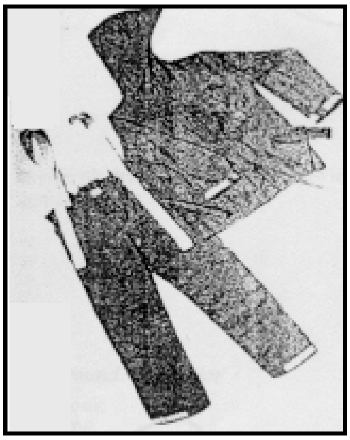
شكل (٣- ٣) – بعض أدوات الفك والتركيب المستخدمة في عمليات صيانة خطوط النقل







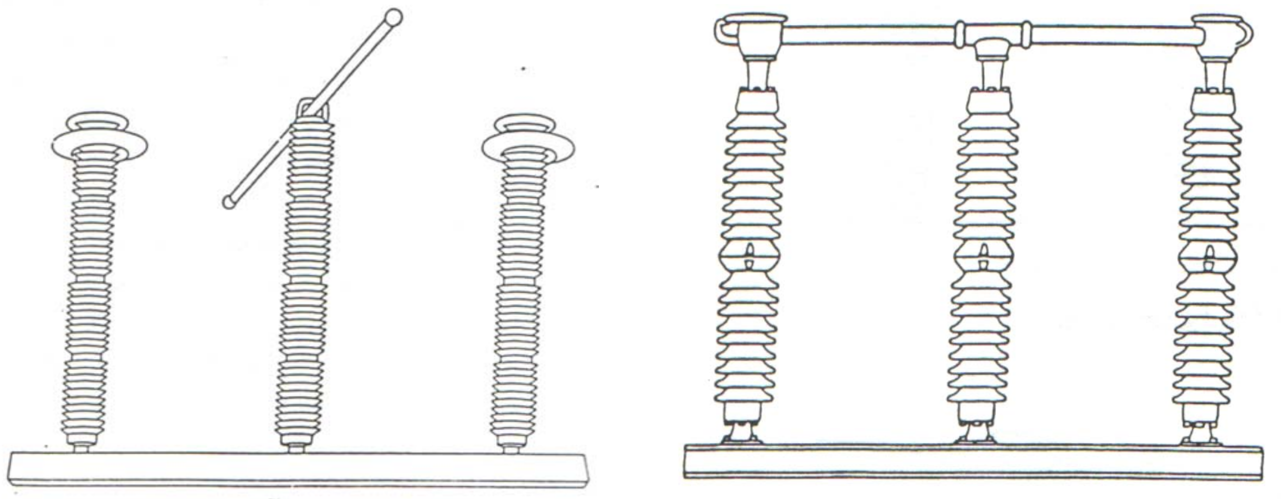
EHV Barehand Conductive Suit



شكل (٣- ٤) – بعض أدوات التعليق والملابس المستخدمة في عمليات صيانة خطوط النقل

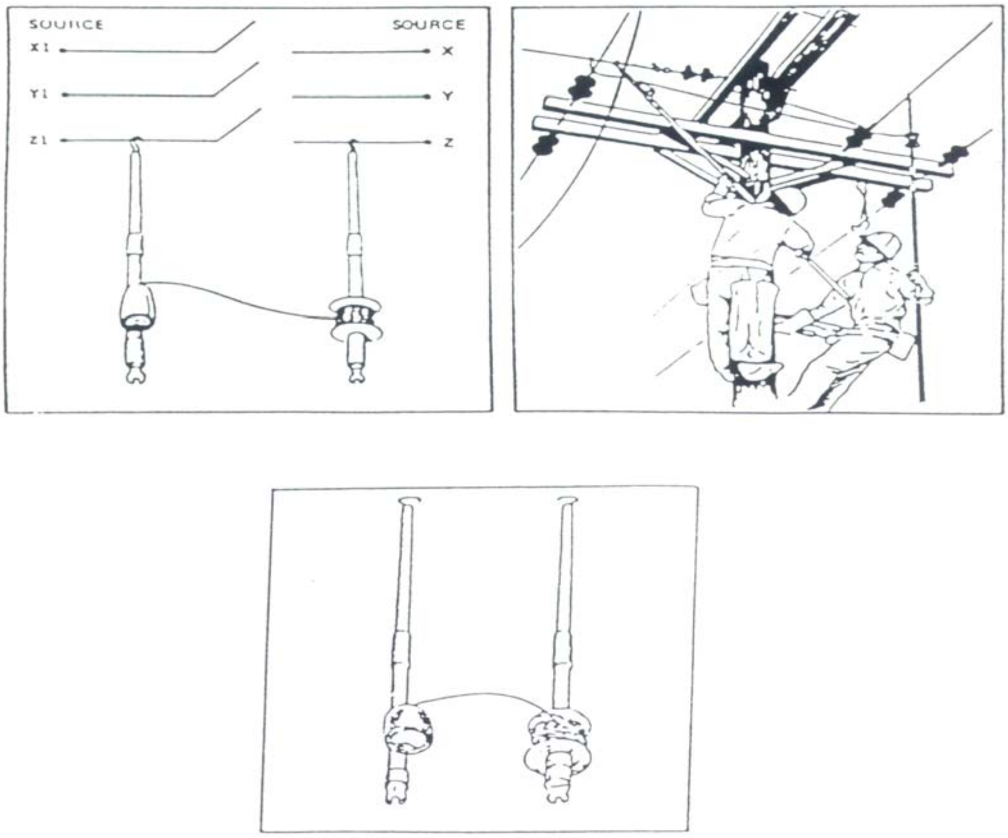
٣- ١- ٢ : صيانة الخطوط المفصولة Maintenance of Disconnected Lines

تتم هذه الصيانة بينما يكون الخط مفصولا فصلا كاملا عن أي جهد كهربي وذلك عن طريق القواطع الإلية التي تتحكم في تشغيل الخط سواء كانت هذه القواطع من النوع الزيتي أو الغازي أو الهوائي إضافة إلى مفاتيح الفصل اليدوية حتى يتم التأكد تماما من عدم وجود أي جهد على الخط أثناء عمليات الصيانة .



شكل (٣- ٥) – مفاتيح الفصل اليدوية المستخدمة في عمليات صيانة خطوط النقل

ويقوم بصيانة خطوط النقل المفصولة فريق عمل مدرب تدريبا خاصا على صيانة الخطوط ، كما تستخدم الأدوات السابق ذكرها والتي تشمل : قفازات عازلة – بدلة عازلة يرتديها العامل – أقنعة واقية وأغطية للرأس واقية من الصدمات – معدات الفك والتركيب – إضافة إلى حساسات الجهد وعصا التوصيل الأرضي لتسريب أي شحنات قد تكون متراكمة على الخط ، أو قد تظهر أثناء إجراء عملية الصيانة ، شكل (٣- ٦) يوضح فريق عمل لصيانة أحد الخطوط وحساسات الجهد المستخدمة في التأكد من الفصل التام للخط أثناء عمليات الصيانة .



١

شكل (٣- ٦) - فريق عمل لصيانة أحد الخطوط وحساسات الجهد المستخدمة .

٣- ٢ : صيانة عوازل الخطوط Maintenance of Line Insulators

تستخدم العوازل في خطوط النقل في عزل الموصلات الحاملة للتيار عن الأبراج غير الحاملة للتيار وبالتإلى تمنع تسرب الطاقة الكهربائية إلى الأرض ومن هنا يتضح أن للعوازل دوراً في غاية الأهمية في منظومات النقل الكهربائية ، وعلى ذلك يجب فحص هذه العوازل دوريا حتى يمكن تجنب الانهيارات الكهربائية للخطوط وانقطاع خدمة توصيل الكهرباء قبل حدوثها . ويمكن اتباع الخطوات والإجراءات التإلىة لصيانة عوازل خطوط النقل كما في حالة عوازل محطات التحويل :

١. تفصل المصادر قبل أي إجراء صيانة للعوازل مع توصيلها بالأرض لتفريغ أي شحنات أو طاقة مختزنة بها أثناء التوصيل والتشغيل .

٢. فحص العوازل للتأكد من خلوها من التلفيات السطحية مثل الشروخ أو الأجزاء المكسورة وتستبدل هذه الأجزاء المتسببة في تلف العازل .

٣. تفحص أسطح العوازل ضد التلوث مثل تراكم الأتربة والأوساخ والمواد العالقة الغريبة، وتنظف جميع العوازل الملوثة .

٤. تفحص عناصر تثبيت العوازل للتأكد من أنها مثبتة جيدا وغير معرضة للانهيار بفعل تأثير الرياح أو الأمطار أو غير ذلك من الظواهر الخارجية .

٥. يجب تنظيف العوازل بمصدر جاف غير رطب حتى لا تؤثر الرطوبة على جودة العزل ، وفي حالة تعرض هذه العوازل لظروف محيطة تحتوي على أبخرة أو مواد كيميائية يجب أن تنظف بتيار هوائي جاف ساخن لإذابة وإزالة التراكمات الكيميائية .

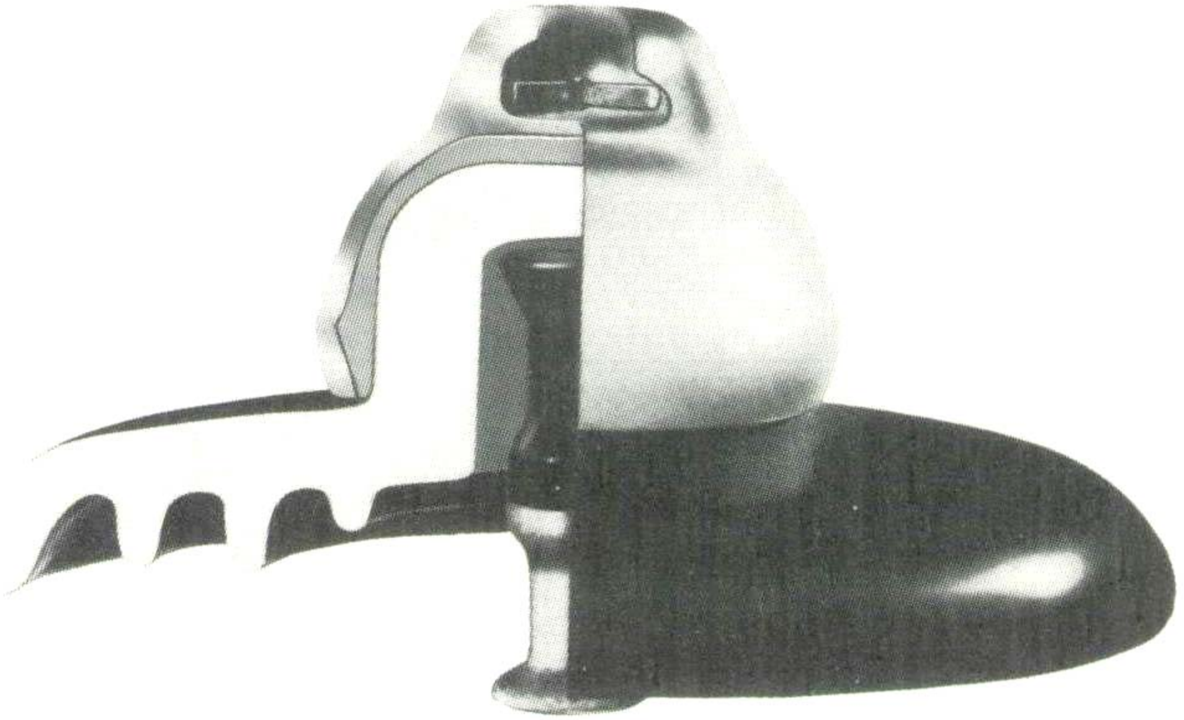
٦. في حالة العوازل التي لا تستجيب للتنظيف البسيط يستخدم محلول الأمونيا أو المنظفات الأخرى الخاصة بتنظيف أسطح السيراميك أو البورسلين ، مع الأخذ في الاعتبار أن يكون سطح العازل بعد التنظيف ناعما ولامعا ويخلو من أية خشونة ودهان العازل بطبقة من الورنيش للوصول إلى جودة العزل المطلوبة .

٧. يجب أن يجرى اختبار الكورونا عند التشغيل حيث ينتج عن هذه الظاهرة نوع من الضوضاء مصحوبا بصوت يشبه الأزيز والطقطقة مع ارتفاع في درجة الحرارة مما يؤثر على وظيفة العوازل .

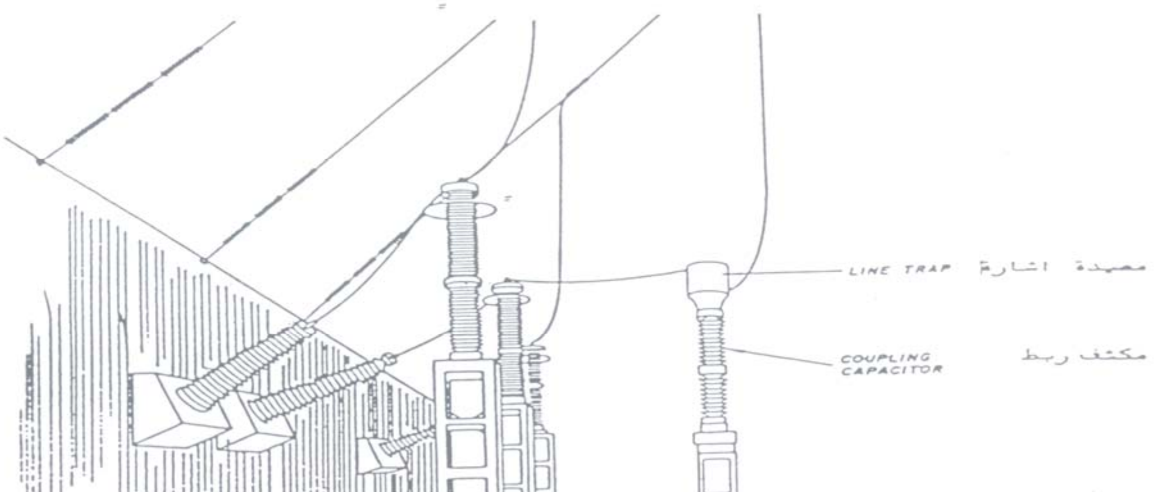
٨. كما يجب أيضا اختبار مقأومة العوازل وقياسها بواسطة أجهزة الميجر ذات المدى الكبير ، ويعتبر العازل غير جيد ويحتاج إلى صيانة إذا كانت مقأومته أقل من 20000 ميجا أوم مع مراعاة أن تقاس هذه المقأومة أثناء فصل العازل من الخدمة .

الأشكال (٣- ٧) إلى (٣- ١٠) توضح بعض أنواع العوازل المعلقة والمسمارية المستخدمة في خطوط النقل ذات الجهد العإلى أو الجهد الفائق ، وعوازل البداية أو النهاية لهذه الخطوط ، إضافة إلى قطاع في أحد هذه العوازل لبيان أن السطح السفلي لهذه العوازل يصنع على شكل عدة دوائر متحدة المركز بهدف إطالة المسافة المتوقع أن تسري بها الشحنات الكهربائية عند انهيار وحدات العوازل أو بمعنى آخر زيادة المتانة الكهربائية لهذه العوازل . وآخر هذه الأشكال يوضح خطوات استبدال وحدة عوازل وربط الموصل بها بعد تثبيت سلسلة العوازل على جسم البرج .

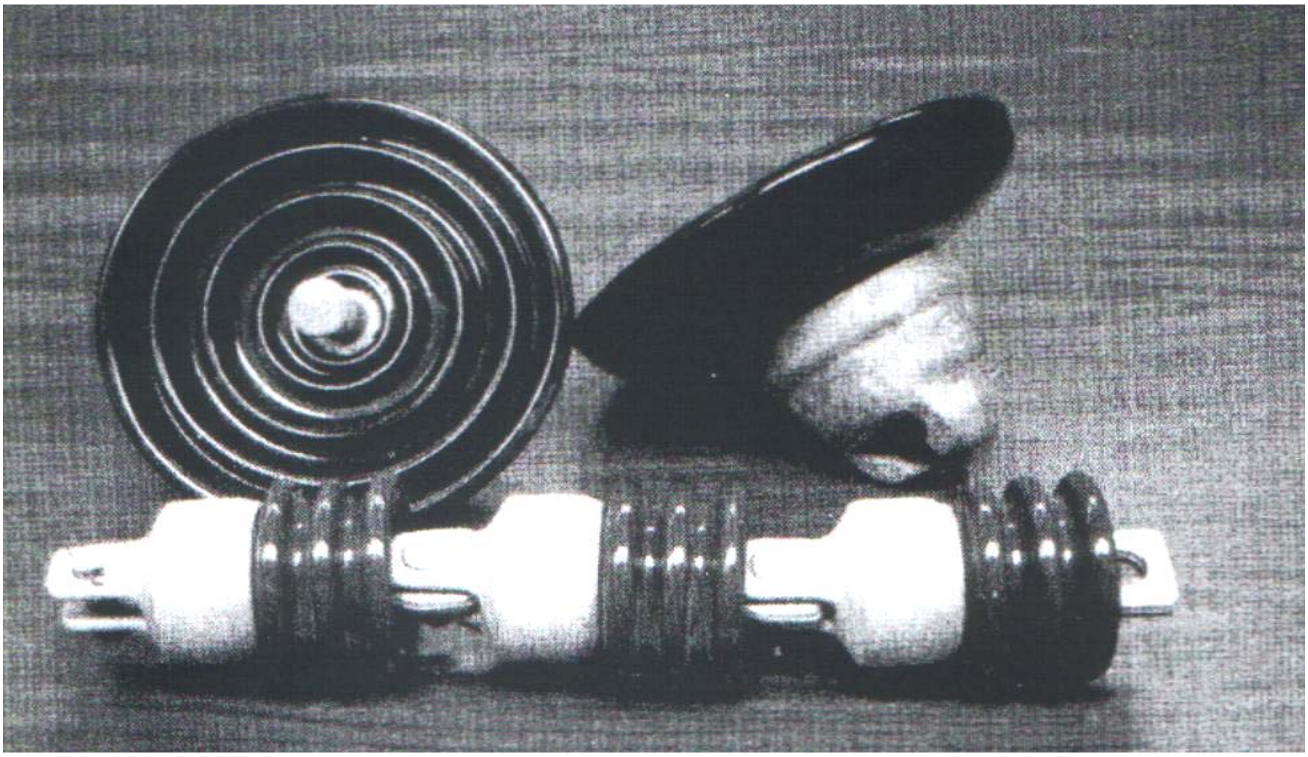
شكل (٣- ٧) – العوازل المعلقة لخطوط النقل .



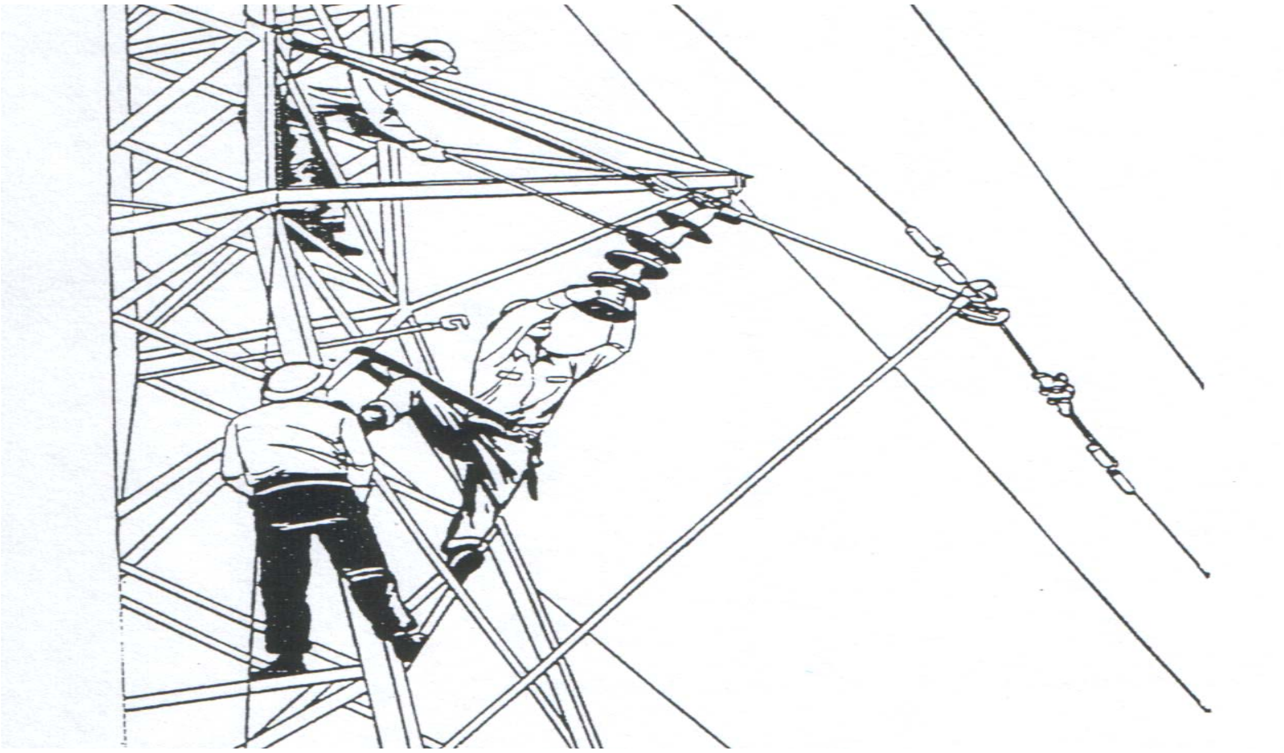
شكل (٣- ٨) قطاع في عازل معلق لخط نقل هوائي

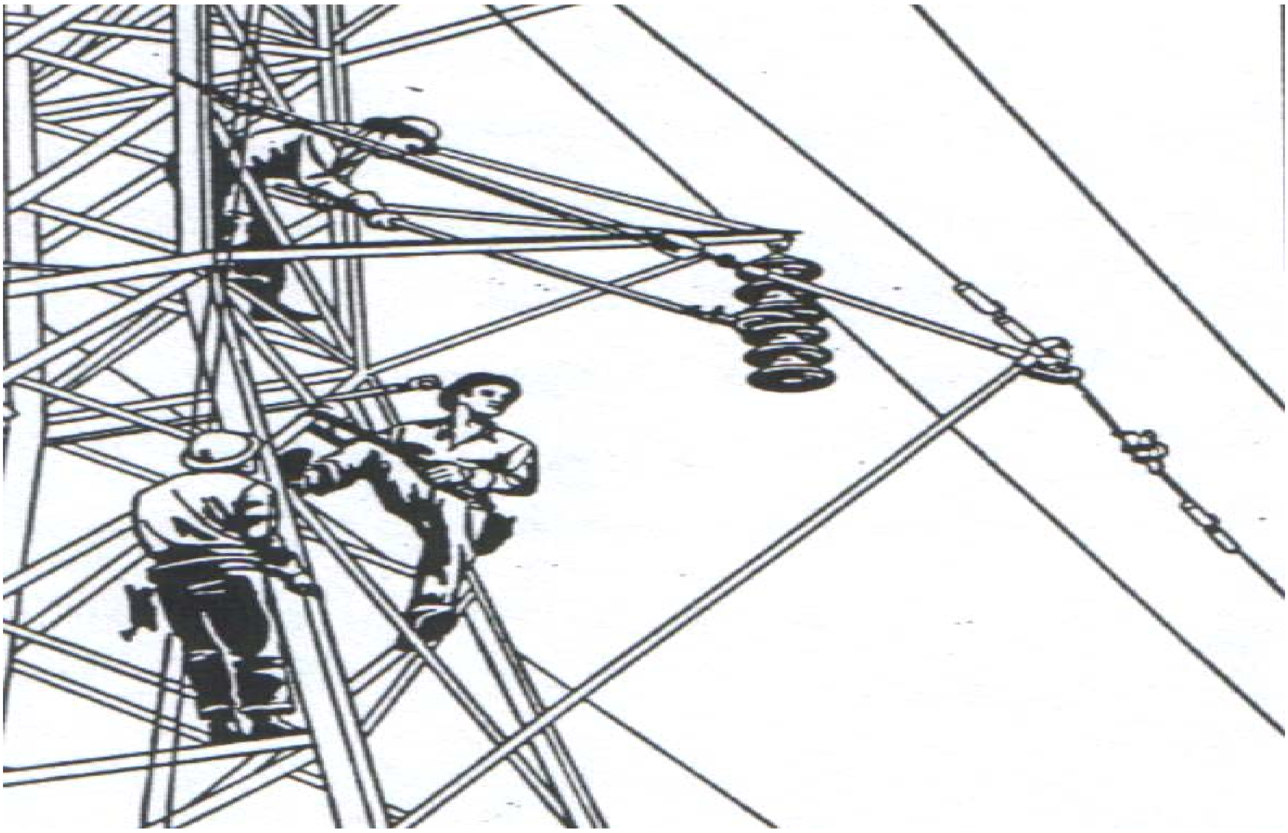


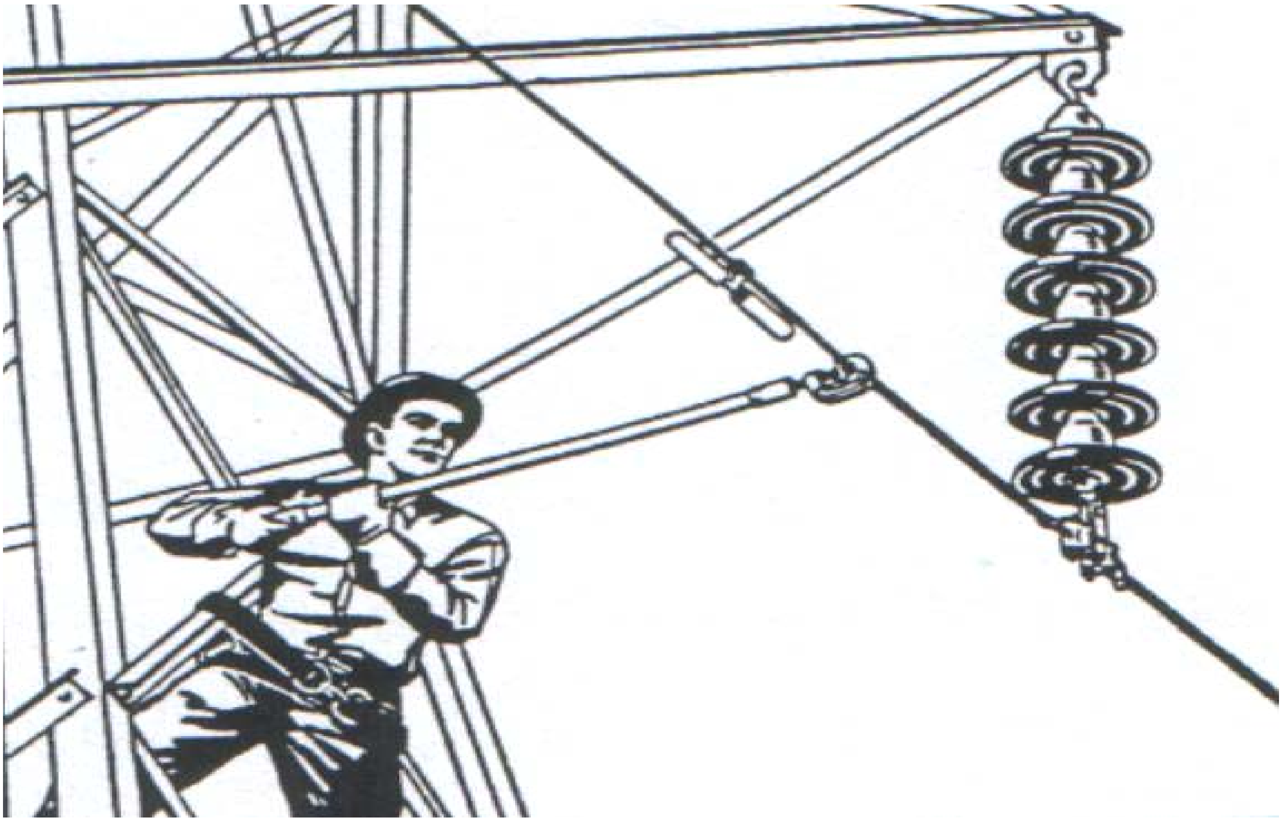
شكل (٣- ٩) عوازل البداية أو النهاية لخط نقل كهربائي



شكل (٣- ١٠) نماذج لوحدات من العوازل المعلقة والمسمارية لخطوط النقل الكهربائي







شكل (٣- ١٠) – خطوات تركيب عازل وربط الموصل على خط نقل .

أسئلة وتمارين

١. اذكر العمليات الأساسية لصيانة خطوط نقل الطاقة الكهربائية

٢. اشرح بإيجاز كيفية صيانة خطوط النقل تحت الجهد

٣. اشرح بإيجاز كيفية صيانة خطوط النقل المعزولة

٤. اذكر بعض المعدات المستخدمة في صيانة خطوط النقل

٥. اشرح خطوات وإجراءات صيانة عوازل خطوط النقل

صيانة نظم القوى الكهربائية

صيانة الكيابل الأرضية

الجدارة :

الأهداف :

عندما تكمل هذا الفصل تكون :

ملماً بطرق صيانة الكيابل الأرضية

مستوى الأداء المطلوب :

الوقت المتوقع للتدريب : ٤ ساعات

الوسائل المساعدة :

استخدام التعليمات في هذه الموجودة في الوحدة .

متطلبات الجدارة :

يجب التدرب على جميع المهارات لأول مرة .

الفصل الرابع : صيانة الكيابل الأرضية Underground Cables Maintenance

٤- ١ : مقدمة : Introduction

تعتبر الكيابل الكهربائية الأرضية من المكونات الأساسية لشبكات توزيع الطاقة الكهربية حيث تتميز بالعمر الافتراضي الطويل والقيمة الاقتصادية العالية ، إلى جانب استخدامها في خطوط نقل القدرة في العديد من المواقع وخاصة حيث لا تصلح الخطوط الهوائية عندما يمر الخط بممر مائي أو بالقرب من المدن الكبيرة ذات الكثافة السكانية العالية مما يساعد على توفير عامل الأمان والسلامة من مخاطر الكهرباء ، ولقد بدأت شركات نقل وتوزيع الطاقة الكهربية العمل على دراسة تحويل الخطوط الهوائية بالقرب من المدن والقرى إلى كيابل أرضية وذلك للأسباب التالية :

- زيادة الوعي البيئي لدى الشعوب والذي يؤيد ويطالب بذلك التحول .
- التقدم التكنولوجي الهائل الذي قدم العديد من أنواع الكيابل التي تصلح في شبكات الجهد العالي و الفائق .
- تزايد الطلب في المدن الرئيسة على الطاقة الكهربية و ذلك للنمو السكاني والتوسع في استعمال وسائل النقل العامة الكهربية .
- من المتوقع أن تقوم العديد من دول العالم النامي بتحديث شبكاتها الكهربية الحالية لمواجهة زيادة الطلب على الطاقة الكهربية .

ويهدف هذا الفصل إلى تغطية العديد من المفاهيم الخاصة بالكيابل الكهربائية الأرضية من حيث تمديد وتشغيل كيابل القوى الكهربائية وكذلك أسس صيانتها وإختبارها ، وتعتبر تلك المفاهيم من أهم العوامل المساعدة على تجنب أعطال الشبكة الكهربائية والأضرار بكيابل القدرة . ولكي تكون الكيابل الارضية فعالة وذات جدوى اقتصادية يجب أن تتوفر فيها مجموعة من الشروط أهمها :

١. أن تكون ذات موصلية أو ناقلية جيدة للكهرباء .
٢. أن تكون ذات مقطع كاف لتحمل التيار دون ارتفاع درجة الحرارة إلى قيم غير مسموح بها .
٣. أن تكون ذات متانة كافية لتحمل الصدمات الميكانيكية التي قد تتعرض لها ، إلى جانب المرونة الميكانيكية حتى نتمكن من ثني الكيبل أو احنيه .

٤. أن تكون ذات عازلية جيدة بين الموصلات والأرض أو بين الموصلات فيما بينها بحيث تكون هذه العازلية كافية لتحمل الجهد الذي يعمل عليه الكيبل أو أي ارتفاع مفاجئ في الجهد قد ينتج عند حدوث عطل في الشبكة ، على أن يكون الفقد في هذا العازل صغيرا .

٥. أن تكون ذات مقأومة عالية للكورونا (التفريغ الهالي) والتأين .

٦. أن تكون مقأومة لدرجات الحرارة العالية .

٧. أن تكون مقأومة للرطوبة .

وتتميز الكيابل الأرضية عن الخطوط الهوائية بالميزات التالية :

- التطور الكبير في أجزائها واختلاف الكيبل من حيث التصنيع والخواص كل سنة عما قبلها .
- تنوع أنواع العوازل المستخدمة في تصنيع الكيابل بين PVC أو XLPE أو بهما معاً أو استخدام الورق المشبع .
- تنوع مقاسات الكيابل حسب غرض الاستخدام بين كيابل توزيع أو كيابل نقل أو كيابل توصيل أجهزة كهربائية ، وكذلك حسب الجهد بين جهد منخفض أو متوسط أو عالي .
- سهولة استخدامها داخل المدن ذات الكثافة السكانية أو في المناطق الصناعية حيث تكون أكثر أمانا للأفراد وأقل عرضة للحوادث وأقل تأثرا بالكوارث الطبيعية والعوامل البيئية ولذلك فهي تستخدم عندما يكون الأمان مطلبا أساسيا أو عندما يكون النقل بخطوط هوائية غير مأمون بالقرب من المطارات أو عبر الموانع المائية المتسعة .
- سرعة إنشائها أعلى نسبياً من الخطوط الهوائية ، إلى جانب أنها تشغل حيزاً أقل من الأرض .
- ذات عمر افتراضي أطول .
- إمكانية انثناء أو انحناء الكيبل عند الدفن إلى زأوية معينة حسب سمك الكيبل .

أما العيوب الرئيسة للكيابل الكهربائية الأرضية فيمكن تلخيصها فيا يلي :

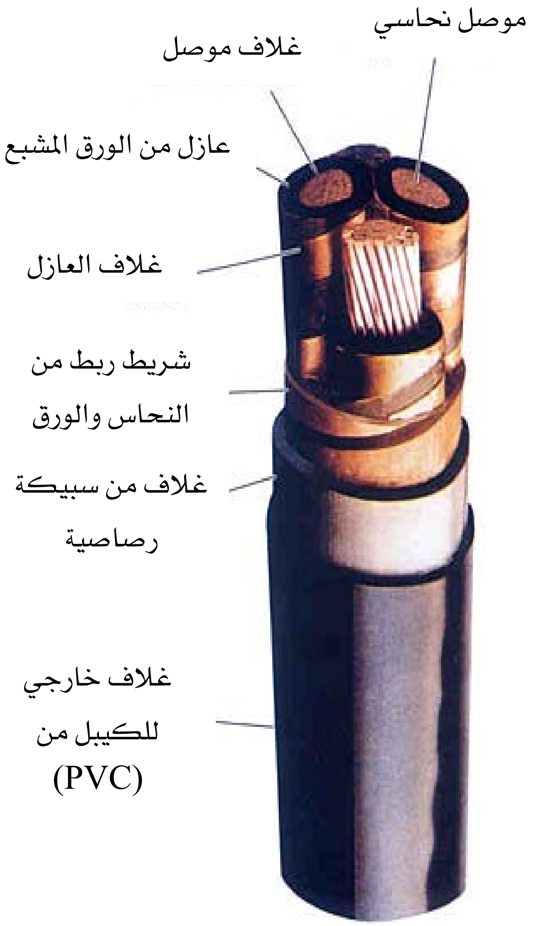
- صعوبة تحديد مكان العطل مباشرة .
- صعوبة الوصول إليها في حالة الصيانة حيث تكون مدفونة تحت الأرض .

- تحتاج لشدة عزل كربائية عالية على طول امتداد الكيبل .
- تكإلىف المواد الخام العإلىة المستخدمه في العزل .

٤- ٢ : مكونات الكيابل الأرضية Cables Construction

تتشابه جميع أنواع الكيابل في أنها تحتوى على موصلات لحمل التيار (قلب الكيبل) ، وعازل يحيط بالموصلات ، ثم ستارة من مادة موصلة لتوزيع المجال الكهربي بشكل أفضل داخل المادة العازلة للكيبل ، ونوع من الغطاء الخارجي لتقديم الحماية الميكانيكة وكذلك الحماية من التآكل وضمان عمل العازل بطريقة جيدة خلال فترة العمر الافتراضي لعمل الكيبل (الغلاف المعدني أو الدرع) .

وتصنع الكيابل إما بقلب واحد أو قلبين أو ثلاثة قلوب وربما أكثر من ذلك ، وقلب الكيبل عبارة عن موصل تحيط به مادة عازلة تعزله عن باقي القلوب وكذلك مكونات الكيبل . وتخضع عملية المفاضلة بين استخدام كيبل وحيد القلوب أو متعدد القلوب لعدة عوامل منها ما هو فني بحت تقتضيه الحاجة للحصول على أداء معين تحت ظروف معينة ، وما هو اقتصادي . ويمكن القول بأن استخدام الكيابل عديدة القلوب يؤدي إلى خفض تكإلىف الكيبل وكذلك خفض هبوط الجهد بالإضافة إلى استخدام اقتصادي أفضل لمجاري الكيابل ، وعلى الجانب الآخر فإن استخدام الكيابل وحيدة القلب يهيئ مرونة أفضل وسهولة في التركيب والتوصيل ، ولهذا يفضل ويستحسن وينصح باستخدام الكيابل وحيدة القلب داخل المباني نظراً لكثرة تعرض الكيبل للانحناءات وكثرة عمل التفريعات والتوصيلات .



شكل (٤- ١) – نماذج لبعض أنواع الكيابل أحادية القلب أو متعددة القلوب

وتصنع موصلات الكيابل من النحاس أو الألمنيوم ، ويعتبر النحاس أكثر الأنواع شهرة في الاستخدام كموصل كهربائي لعدة أسباب منها :

- له أفضل موصلية كهربائية (مقأومة نوعية أقل) .
- يسمح بمرور تيار أكبر (أي كثافة التيار كبيرة) وذلك يوفر في مساحة المقطع .
- معدن منتظم ذو قوة احتمال للإجهادات الميكانيكية .
- يمكن تشكيله على البارد .
- أما عيب النحاس الرئيس فهو تذبذب أسعاره بشكل كبير .

على الجانب الآخر يمتاز الألمنيوم بالمميزات التإلىة :

- رخص الثمن وخفة الوزن .
- فقد قليل جداً عند الجهود العإلىة للتفريغ الهإلى .
- السحب على الحار والبارد .

٤- ٣ : تصنيف الكيابل الأرضية Cable Classifications

تصنف الكيابل الكهربائية الأرضية إلى أنواع عديدة طبقا للأسس التإلىة :

- تركيب الكيبل من حيث عدد القلوب في الكيبل الواحد : حيث توجد الكيابل أحادية القلب ، أو الكيابل متعددة القلوب والتي قد تحتوي على ثلاثة قلوب أو أكثر .
- نوع المادة العازلة المستخدمة في عزل الكيبل : حيث توجد كيابل العازل الورقي المصمت أوالمليئة بالزيت أو الغاز ، إضافة إلى كيابل العوازل البوليمرية والتي تشمل كيابل البولي فينيل كلورايد PVC وكيابل البولي إيثيلين التشابكي XLPE وكيابل العوازل المطاطية .
- مستوى الجهد الذي يعمل عنده الكيبل : حيث توجد كيابل جهد منخفض ، وأخرى للجهد المتوسط ، وكذلك كيابل الجهد العإلى أو الفائق والتي تستخدم على نطاق ضيق .
- مجال استخدام الكيابل : حيث توجد كيابل التمديدات الكهربائية المرنة المستخدمة في التمديدات الداخلية ، كيابل المنشآت الصناعية والمستخدمة في تغذيتها بالطاقة على جهود تصل إلى 15 K.V ، الكيابل المستخدمة في التغذية وتوزيع القوى الكهربائية والتي تعمل على جهود تترأوح بين 11 – 33 K.V ، وأيضا كيابل النقل وهي التي تستخدم في نقل القدرة للجهود من 66

K.V وأعلى ، وأخيرا الكيابل البحرية المستخدمة في نقل القدرة الكهربائية عبر البحار أو المجاري المائية .

٤- ٤ : طرق مد الكيابل الأرضية :

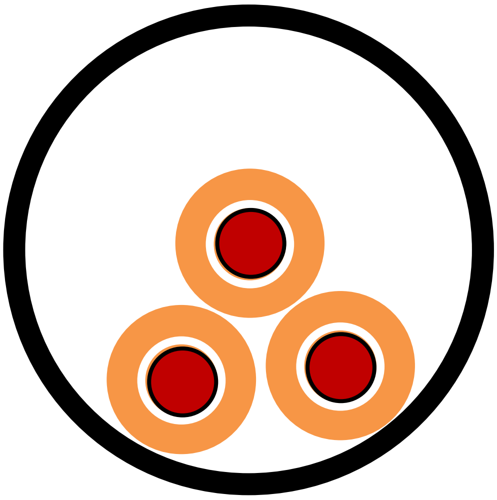
يتم تمديد الكيابل الكهربائية الأرضية بطرق عديدة كما يلي :

- الدفن المباشر في الأرض .
- داخل مواسير مدفونة في الأرض .
- خلال مجاري تحت سطح الأرض مهيأة خصيصا لهذا الغرض .
- محمولة على صواني (trays) سواء كانت هذه الصواني مفتوحة أو مغلقة .

١. **الدفن المباشر في الأرض :** وفي هذه الحالة يتم حفر مسار الكيبل الكهربائي في الأرض بعمق يتراوح بين **0.5 – 3 meter** على حسب جهد الكيبل ، يعقب ذلك مد أو وضع الكيبل أو الكيابل إذا كان المسار يحتوي على أكثر من كيبل مع مراعاة المسافة الفاصلة بين هذه الكيابل ، وفي النهاية تتم تغطية الكيابل وردم المسار بالتربة الأصلية التي تم حفرها كما هو مبين بشكل (٤-٢) .

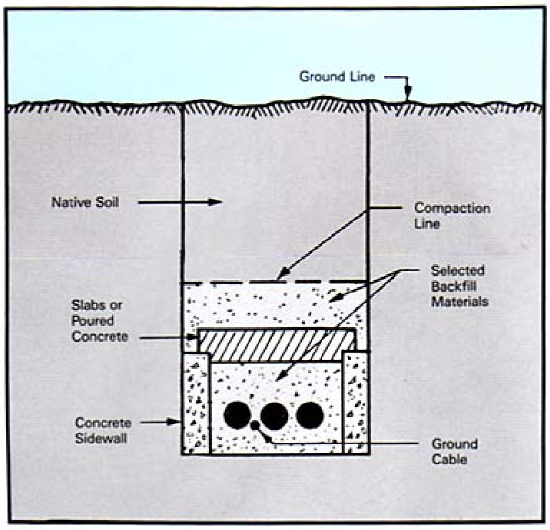
شكل (٤- ٢) – مد الكيابل الأرضية بالدفن المباشر .

٢. **داخل مواسير مدفونة في الأرض** : وفي هذه الطريقة يتم تمديد المواسير تحت الأرض حسب المسار المحدد للكيبل مع إنشاء غرف تمثل نقاط التقاء للمواسير وتسهل عملية تمديد الكيابل داخل هذه المواسير أو سحبها عند الحاجة إلى التغيير الجزئي أو الكلي لهذه الكيابل نتيجة الأخطاء أو الأعطال أو الانهيارات التي تتعرض لها أثناء العمر الافتراضي للتشغيل ، ومن الجدير بالذكر أنه يجب ألا تزيد مساحة مقطع الكيبل أو الكيابل الموضوعة داخل الماسورة عن 40% من مقطع الماسورة لضمان سهولة عمليات السحب والتمديد وكذلك ضمان عدم ارتفاع درجة حرارة الكيابل أثناء التشغيل . شكل (٤- ٣) يوضح طريقة مد المواسير التي تحمل الكيابل الكهربائية الأرضية مع الإشارة إلى وضع الكيابل داخل المواسير ومراعاة شغل مساحة المواسير .



شكل (٤- ٣) – مد المواسير الحاملة للكيابل الأرضية ووضع الكيابل داخل المواسير .

٣. **خلال مجار تحت سطح الأرض مهيأة خصيصا لهذا الغرض** : في هذه الطريقة يتم إنشاء المجاري الخرسانية المعدة خصيصا لمد الكيابل الكهربائية الأرضية بالعمق المحدد تحت الأرض حسب المسار المحدد للكيبل مع إنشاء غرف التفتيش اللازمة لمد الكيابل داخل هذه المجاري أو سحبها عند الحاجة إلى ذلك أثناء التشغيل ، ويتم وضع الكيابل في قاع هذه المجاري . شكل (٤- ٤) يوضح طريقة إنشاء المجاري الخرسانية للكيابل الكهربائية الأرضية مع بيان جوانب المجاري ووضع هذه المجاري بما تحويه من كيابل تحت الأرض.



شكل (٤- ٤) – مد الكيابل الأرضية داخل مجار خرسانية تحت الأرض .

٤. **محمولة على صواني (trays)** : في هذه الطريقة يتم إنشاء مجاري خرسانية أو أنفاق معدة خصيصا لمد الكيابل الكهربائية الأرضية أو لأغراض أخرى تحت الأرض حسب المسار المطلوب للكيبل مع وجود صواني التعليق (trays) على الجدران الرأسية لهذه المجاري أو الأنفاق ، ومراعاة وجود غرف التفتيش اللازمة لمد الكيابل داخل هذه المجاري أو سحبها عند الحاجة إلى ذلك أثناء التشغيل . شكل (٤- ٥) يوضح طريقة مد الكيابل الكهربائية الأرضية وتعليقها على الصواني داخل المجاري أو الأنفاق تحت الأرض.

شكل (٤- ٥) – مد الكيابل الأرضية محمولة على صواني (trays) .

٤- ٥ : أسس صيانة الكيابل الأرضية :

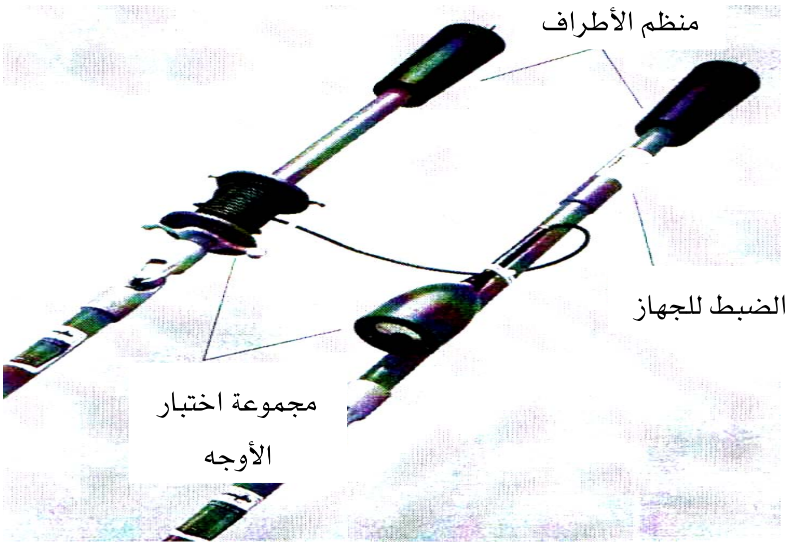
تتم إجراءات الصيانة للكيابل الكهربائية الأرضية على ثلاث خطوات رئيسة هي :

- تحديد نوع الخطأ أو العطل الحادث في الكيبل .
- تحديد مكان الخطأ في الكيبل .
- إستبدال الكيبل التالف بآخر جديد عند انهياره أو عمل وصلة لحام في حالة الكيابل المقطوعة ذات العازل السليم .

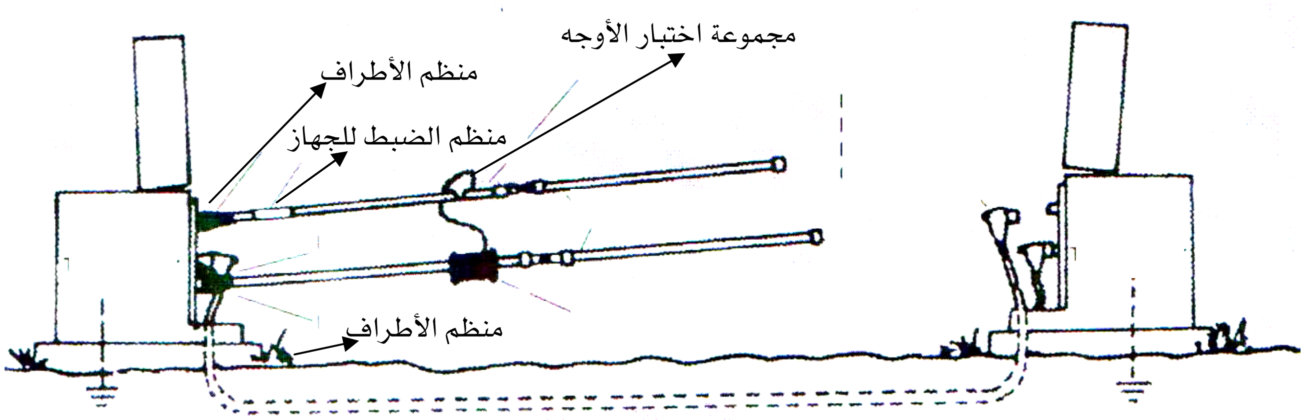
٤- ٥- ١ : تحديد الأعطال في الكيابل الأرضية :

يعتبر تحديد العطل في الكيبل ومكانه من الأهمية بمكان حيث انه من غير المعقول وغير الممكن أن يتم الحفر على طول مسار الكيبل أو يتم سحب كيبل بكامل طوله من المجرى الموضوع فيه لفحص هذا الكيبل وتحديد مكان العطل أو إصلاح هذا العطل . من هذا المنطلق توجد طرق معينة وأجهزة أو معدات معينة تستخدم في تحديد مكان الخطأ أو العطل في الكيبل ، من هذه الأجهزة على سبيل المثال :

١. جهاز **DC Hi-Pot Adapter** : المبين في شكل (٤- ٦) والذي يستخدم في تحديد مكان العطل في المسارات الحلقية للكيابل الأرضية كما هو موضح بالشكل (٤- ٧) .

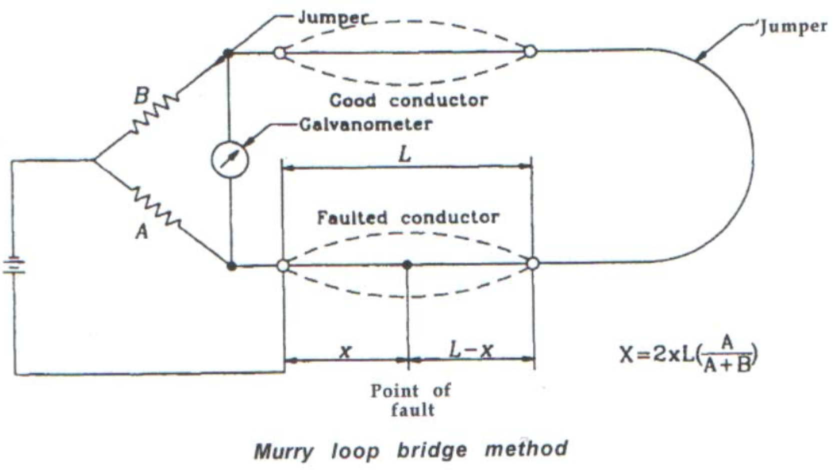


شكل (٤- ٦) – جهاز **DC Hi-Pot Adapter** لتحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .



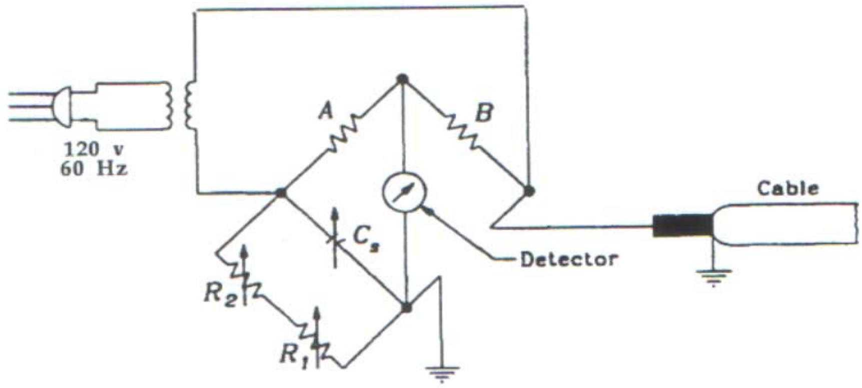
شكل (٤- ٧) – استخدام جهاز **DC Hi-Pot Adapter** لتحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

٢. قنطرة موراي **Murray Loop Resistance Bridge** : حيث يستخدم الكيبل المعطوب مع كيبل آخر مماثل وسليم لتكوين دائرة القنطرة كما هو موضح بشكل (٤- ٨) ، وباستخدام العلاقة الرياضية المبينة بالشكل يتم تحديد مكان العطل في الكيبل المعطوب .



شكل (٤- ٨) – جهاز قنطرة موراي لتحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

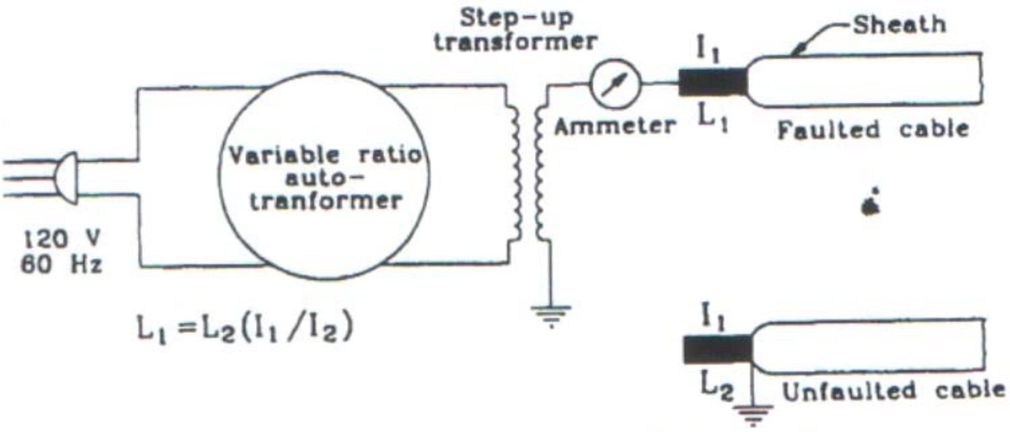
٣. قنطرة قياس السعة **Capacitance Bridge Measurement** : تصلح هذه الطريقة عندما تكون مقأومة الكيابل عإلية القيمة وبالتإلى يمكن تحديد مكان العطل عن طريق قياس السعة بين موصلات الكيبل والغلاف المعدني سواء للكيبل المعطوب أو الكيبل المناظر السليم المستخدمين في دائرة القنطرة كما هو موضح بالشكل (٤- ٩) .



Capacitance bridge measurement method

شكل (٤- ٩) – جهاز قنطرة قياس السعة لتحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

٤. طريقة قياس تيار الشحن **Charging Current Method** : في حال عدم توفر الإمكانيات لعمل إحدى قناطر التيار المتردد السابقة ، تستخدم طريقة قياس تيار الشحن لكل من الكيبل المعطوب والكيبل المناظر السليم لتحديد مكان العطل كما هو مبين بالشكل (٤- ١٠) .



Charging current method for fault location

شكل (٤- ١٠) – طريقة قياس تيار الشحن لتحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

٥. سيارات فحص الكيابل **Cable Testing Cars** : من الجدير بالذكر أيضا أنه توجد سيارات خاصة لفحص واختبار الكيابل حيث تتميز هذه السيارات بأن لها قدرة كبيرة على تحديد أماكن انقطاعات وأعطال الكيابل الأرضية بدقة متناهية والتي تصل أطوالها إلى عشرات الكيلومترات ، كما يتم من خلال تلك السيارات إصلاح الأعطال بشكل صحيح ومحدد في وقت

قياسي مقارنة بالجهد والوقت الذي يهدر لمعرفة مكان العطل . إضافة إلى ذلك فإن سيارات الفحص لها قدرات أخرى تتمثل في فحص معدات كهربائية أخرى مثل المحولات مما ينتج عنه تقليل عمليات فصل الخدمة نتيجة أعطال الكيابل والعناصر الأخرى ، بالإضافة إلى منع حدوث خسائر قد تتعرض لها المنشآت الصناعية بسبب توقف خطوط إنتاجها أو الأضرار التي قد تتعرض لها المستشفيات والبيوت . شكل (٤- ١١) يوضح إحدى هذه السيارات .

شكل (٤- ١١) – سيارات فحص وتحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

وتحتوي هذه السيارات على العديد من أجهزة فحص واختبار الكيابل ، نذكر منها على سبيل المثال :

- جهاز مولد النبضات **Test and surge generator** : يصمم نظام الاختبار المحمول أو النقال والمغذى ببطارية في تحديد مكان الخطأ في الكيابل الأرضية حيث يعمل على توليد جهد نبضي ذي طاقة عالية لمدة تصل إلى أربع ساعات متواصلة بجهد خرج يتراوح بين 25 KV→15 مما يجعل هذا النظام مناسبا بدرجة كبيرة لتحديد مكان الخطأ في كيابل منظومات التوزيع ذات الجهد المنخفض أو الجهد المتوسط ، ويعتمد عمل هذا الجهاز على استخدام طريقة ارتداد القوس

Arc Reflection Method في التحديد المبدئي لمكان الأخطاء ذات المقأومة العإلىة ، بينما يتم تحديد مكان الأخطاء ذات المقأومة الصغيرة باستخدام جهاز قياس ارتداد الموجات *Time Domain Reflectometer (TDR)* دون الحاجة إلى استخدام طريقة الجهد العإلى ، شكل (٤- ١٢) يوضح أحد هذه الأجهزة المحمولة أو النقالة المستخدمة في هذا الغرض .

شكل (٤- ١٢) – جهاز مولد النبضات المستخدم في تحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

- جهاز قياس الانعكاس **Time Domain Reflectometer (TDR)** : يستخدم هذا الجهاز في تحديد مكان الخطأ في شبكات كيابل القوى عن طريق قياس ارتداد أو انعكاس الموجات النبضية حيث يمكن استخدام عدة طرق للوصول إلى هذا الغرض منها :
  - طريقة اضمحلال الجهد *Voltage decay method*
  - طريقة التيار الدفعي *Impulse current method*
  - طريقة ارتداد أو انعكاس القوس *Arc reflection method*

ويمكن تخزين النتائج والقياسات المأخوذة خلال عملية تحديد العطل ونقلها إلى جهاز الحاسب الإلى ودراستها وتحليلها ، شكل (٤- ١٣) يوضح أحد أجهزة قياس الانعكاس .

شكل (٤- ١٣) – جهاز قياس الانعكاس المستخدم في تحديد مكان العطل في الكيابل الأرضية .

- جهاز تحديد نقاط الاتصال الارضي في الكيابل **Earth Fault Locator** : يستخدم هذا الجهاز لتحديد أماكن الاتصال الأرضي على غلاف الكيبل حيث يحتوي على جهاز جلفانومتر عالي الحساسية مزود بمكبر بينما يتم ضخ الجهد المستمر اللازم من خلال دائرة تعويض ، ويعتمد هذا الجهاز في تحديد نقطة الاتصال الأرضي من خلال غلاف الكيبل على طريقة جهد الخطوة *step voltage method* حيث يأتي التيار اللازم لإجراء الاختبار من دائرة تيار مستمر ذات جهد خطوة تصل إلى 5KV ويمر هذا التيار إلى الأرض عند نقطة الخطأ مما ينتج عنه ارتفاع في قيمة الجهد إلى القيمة العظمى محدثا قوس (شرارة) كهربية عند مكان الخطأ ، وتساعد على تحديد هذه النقطة كاشفات القوس بين الكيبل والأرض *Arc detectors* ، شكل (٤- ١٤) يوضح أحد أنواع هذه الأجهزة .

شكل (٤- ١٤) – جهاز تحديد نقاط الاتصال الأرضي في الكيابل الأرضية .

- جهاز توليد التردد السمعي **Audio Frequency Generator** : يستخدم هذا الجهاز في إكتشاف وتحديد مكان الخطأ في كيابل القوى الكهربائية وكيابل الاتصالات النحاسية لمسافات تصل إلى 6 K.m حيث تستخدم في ذلك تقنيات معالجة الإشارة من أجل اكتشاف أماكن القصر الكهربائي *Short-circuit* أو القطع أو الدائرة المفتوحة *Open-circuit* أو الانهيارات في العازل عن طريق تحديد قيمة معأوقة الكيبل سواء كان هذا الكيبل من النوع المجدول *Twisted pair cables* أو من الكيابل المحورية *Coaxial cables* ، ويعمل جهاز راسم الذبذبات المدمج مع الجهاز على متابعة التردد السمعي خلال الكيبل مما يسهل عملية تحديد مكان الخطأ فيه مع إظهار منحني يوضح المسافة التي تبعد بها نقطة الخطأ على الكيبل . شكل (٤- ١٥) يوضح أحد أنواع هذه الأجهزة .

شكل (٤- ١٥) – جهاز توليد الترددات السمعية المستخدم في تحديد العطل في الكيابل الأرضية .

شكل (٤- ١٦) – بعض الأجهزة الموجودة في سيارات فحص الكيابل الأرضية .

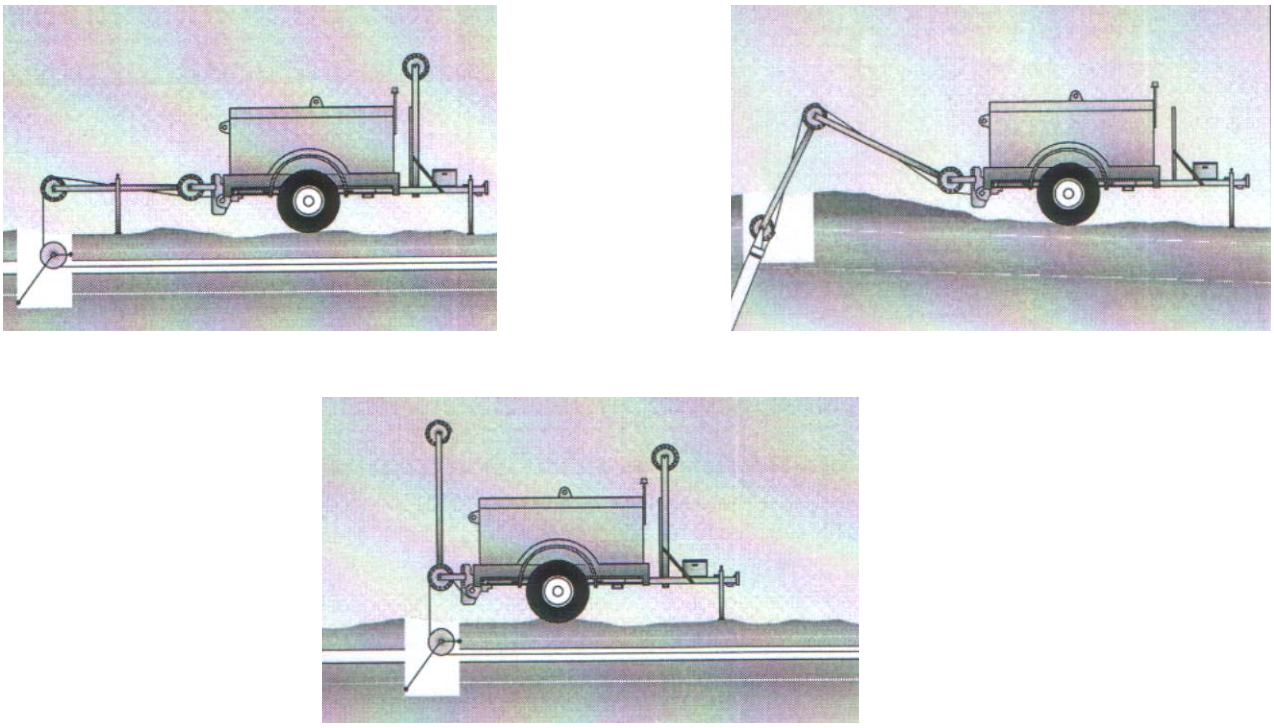
٤- ٥- ٢ : إجراءات الصيانة للكيابل الأرضية :

من المعلوم أن الكيابل الكهربائية الأرضية إما أن تكون مدفونة مباشرة في الأرض أو تكون ممددة داخل مواسير أو مجاري وبالتإلى فإن إجراءات الصيانة تختلف باختلاف طريقة تمديد الكيبل كما يلي :

- في حالة الكيابل الممددة بالدفن المباشر في الأرض حيث لا تتوفر صناديق أو غرف تفتيش على طول مسار الكيبل ، يحدد مكان العطل في الكيبل باستخدام إحدى الطرق المعدة لهذا الغرض ، ثم يبدأ الحفر في مكان العطل وإصلاحه مع مراعاة أن الحفر قد يمتد لبعض مسافة إذا كانت

هناك رغبة في تغيير بعض طول الكيبل . ومن أهم الصعوبات التي تواجه فريق الصيانة في هذه الحالات هي جفاف الوسط المحيط بالكيبل عند الإصلاح .

- في حالة الكيابل الممددة داخل مواسير أو مجاري خاصة فإنه إذا توفر ماسورة أو مجرى إضافي فارغ بدون كيابل يمدد كيبل جديد داخل هذه الماسورة أو المجرى مع لحام طرفي هذا الكيبل في النهايتين السليمتين للكيبل المعطوب وسحب الجزء المعطوب من الكيبل من المجرى الأساسي ووضع علامة تفيد بأنه تم نقل هذا الجزء من الكيبل إلى مجرى آخر مجاور ، في حال عدم توفر المجرى الإضافي يتم سحب الكيبل المعطوب أولا وتمديد كيبل جديد مكانه في نفس المجرى ، وفي حال تعذر عملية تمديد الكيبل الجديد في نفس المجرى عند حدوث انهيارات به أثناء عملية سحب الكيبل المعطوب يتم انشاء مجرى جديد مجاور . شكل (٤- ١٧) يوضح استخدام عربة سحب وتمديد الكيابل الممددة داخل مواسير أو مجاري خاصة .



شكل (٤- ١٧) – استخدام عربة سحب وتمديد الكيابل الأرضية .

- **خطوات عمل رأسية نهاية الكيابل الأرضية :**

إن من المهم اتباع الخطوات والقياسات الموجودة على كتيب التعليمات الموجود مع مجموعة الأجزاء المكونة للنهاية الرأسية للكيابل الأرضية ولنأخذ مثالا لرأسية كيبل طولها ٦٦ سم حيث تتبع الخطوات التالية لعمل الرأسية المطلوبة :

١. تقشير الغطاء الخارجي للكيبل بمقدار ٥٦ سم (وبشكل عام يتم تقشير الغطاء الخارجي بطول أقل من طول الرأسية بمقدار ١٠ سم) .
٢. وضع شريط لاصق (غالبا ما يكون موجودا مع أجزاء الرأسية) على الغطاء الخارجي بعد المسافة التي تم تقشيرها بمسافة ٦ سم .
٣. إرجاع شعيرات موصل الأرضي إلى الوراء بحيث تشكل زأوية قائمة ويتم الضغط عليها لتلتصق بالشريط اللاصق .
٤. لف شريط لاصق فوق شعيرات موصل الأرضي بنفس المسافة وقدرها ٦ سم .
٥. مسح الغطاء الخارجي بمادة التنر أو بالبنزين .
٦. إزالة شبه الموصل بالبراية الخاصة بالكيابل ومعايرة شفرات البراية بحيث تزيل فقط شبه الموصل مع العلم أن سماكته لاتزيد عن ١ مم .
٧. بعد إزالة قشرة شبه الموصل يجب تفقد سطح الكيبل بحيث لايكون هناك أية بقعة سوداء من شبه الموصل وإن وجدت تتم إزالتها بورق صنفرة عيار صفر .
٨. يقشر العازل الداخلي حتى الوصول إلى سلك النحاس بقدر المسافة التي يتم كبسها داخل الرأسية.
٩. تقص زأوية العازل إلى زأوية مقدارها 45 درجة تقريبا .
١٠. كبس مسافة الكيبل المقشرة كليا من الداخل إلى الخارج .
١١. مسح رأس الكيبل بالتنر أو البنزين بالكامل مع منع لمسه .
١٢. وضع الرأسية بحيث تصل إلى المسافة المقشرة كليا من الكيبل .
١٣. وضع الرأسية وتسليط اللهب عن بعد .
١٤. وضع الحلقات من الأسفل إلى الأعلى وتوضع الحلقة الأولى على بعد ١٥ سم من أسفل رأسية الكيبل كما تكون المسافة بين الحلقة والأخرى مسافة ٨ سم حيث يكون على الرأسية عدد أربع حلقات .

أسئلة وتمارين

١. اذكر الشروط الواجب توافرها في الكيابل الأرضية

٢. اشرح مميزات وعيوب الكيابل الأرضية

٣. اشرح أسس تصنيف الكيابل الأرضية

٤. اشرح إحدى طرق مد الكيابل الأرضية

٥. اشرح مع الرسم إحدى طرق تحديد مكان الخطأ في الكيابل الأرضية

٦. اشرح مع الرسم مكونات الكيبل الأرضي

٧. اذكر أسس صيانة الكيابل الأرضية

٨. اشرح خطوات الصيانة للكيابل الأرضية

٩. اشرح خطوات عمل وصل رأسية لكيبل أرضي

صيانة نظم القوى الكهربائية

صيانة المولدات والمحركات الكهربائية

الجدارة :

الأهداف :

عندما تكمل هذا الفصل تكون :

ملما بطرق صيانة المولدات والمحركات الكهربائية

مستوى الأداء المطلوب :

الوقت المتوقع للتدريب : ٤ ساعات

الوسائل المساعدة :

استخدام التعليمات في هذه الوحدة .

متطلبات الجدارة :

يجب التدرب على جميع المهارات الموجودة في الوحدة .

الفصل الخامس : صيانة المولدات والمحركات الكهربائية
Electric Generators and Motors Maintenance

تصنف الآلات الكهربية في الحياة العملية على أسس عديدة منها : مجالات الاستخدام ، نوع التيار ، مبدأ العمل ، القدرة الكهربائية أو الميكانيكية ، وسرعة الدوران . وباعتبار مجال الاستخدام تنقسم الآلات الكهربية إلى الأنواع التالية :

- المولدات الكهربائية **Electric generators** : تعمل هذه المولدات الكهربائية على تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية ، وعلى ذلك تركب هذه المولدات في المحطات الكهربائية الثابتة ، كما يمكن أن تحمل على وسائل نقل مختلفة كالسيارات والطائرات وقطارات السكك الحديدية والبواخر كمجموعات توليد منتقلة ، كما تستخدم المولدات في بعض الحالات كمنابع للتغذية في مراكز الاتصالات communication centers ونظم التحكم ودوائر القياس وغيرها .
- المحركات الكهربائية **Electric motors** : وتعمل هذه المحركات على تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية ، فهي تدير الآلات والمعدات والأجهزة الميكانيكية المختلفة المستخدمة في ميادين الصناعة والزراعة والاتصالات والنقل والمجالات العسكرية ومناحي الحياة العامة كما تستخدم المحركات الكهربائية أيضا في منظومات التحكم الإلىة الحديثة كعناصر تنظيم وتنفيذ وبرمجة .
- إلى جانب النوعين الرئيسين السابقين توجد أنواع أخرى من الآلات الكهربائية تستخدم في أغراض خاصة .

وسوف نتناول في هذا الفصل بإيجاز الطرق المتبعة في صيانة كل من المولدات والمحركات الكهربائية .

٥- ١ : صيانة المولدات الكهربائية :

جميع المولدات المستخدمة في توليد الطاقة الكهربائية في محطات التوليد البخارية أو الغازية أو المائية أو الديزل عبارة عن مولدات تزامنية ثلاثية الأوجه Three Phase Synchronous Alternators تعمل عند سرعات ثابتة وتنتج تياراً متردداً ذا تردد ثابت ، في حين أن المولدات المستخدمة لتوليد الطاقة الكهربائية من طاقة الرياح عبارة عن مولدات استنتاجية (تحريضية) Induction Generators تعمل عند سرعات متغيرة وتنتج تياأر متردداً ذا تردد متغير يعتمد على سرعة دوران التوربينة الهوائية والتي تعتمد

بدورها على سرعة الرياح مما يستلزم تحويل التيار الكهربائي المتولد إلى تيار مستمر واستهلاكه على هذه الصورة أو تحويله إلى تيار متردد ثابت التردد وربطه مع الشبكة الرئيسة .

تخضع المولدات العاملة بمحطات التوليد وملحقاتها (المغذيات – حاكمات السرعة – منظمات الجهد الأوتوماتيكية – التوربينات أو المحركات الدوارة التي تدير هذه المولدات – وغيرها من العناصر) إلى برامج صيانة دورية صارمة إلى جانب برامج صيانة وقائية دقيقة وذلك لتجنب تعطل هذه المولدات أثناء التشغيل حتى لا يؤدي ذلك إلى فصل المحطة عن الخدمة أو خروجها عن حدود التشغيل المستقر . وتشمل هذه البرامج :

- فحص دائرة المجال وملحقاتها .
- فحص ملفات عضو الاستنتاج (المنتج) وقياس مقاومة عزلها .
- فحص عمود الإدارة وضمان عدم حدوث أي التواء فيه .
- فحص كراسي المحاور وتزييتها في المواعيد المقررة .
- فحص دوائر التبريد لهذه المولدات .
- فحص مثبتات هذه المولدات لتلافي الضوضاء والتذبذب الميكانيكي .

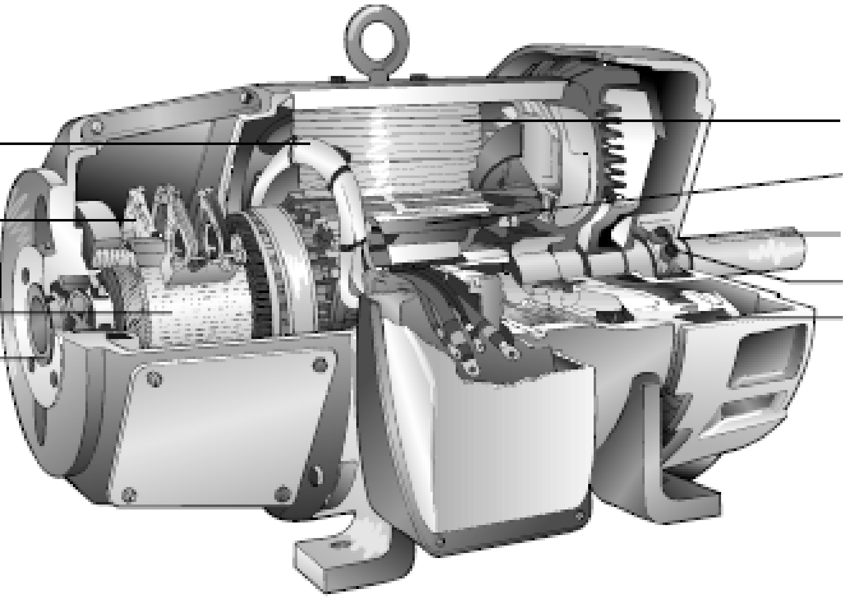
وغيرها من الفحوصات والاختبارات التي تضمن التشغيل الآمن والمستقر لهذه الوحدات في محطات التوليد وبالتالي المحافظة على استمرارية تغذية أحمال الشبكة دون انقطاع لمصدر التغذية .

شكل (٥- ١) – مولد كهربائي مدار بواسطة آلة ديزل

٥- ٢ : صيانة المحركات الكهربائية :

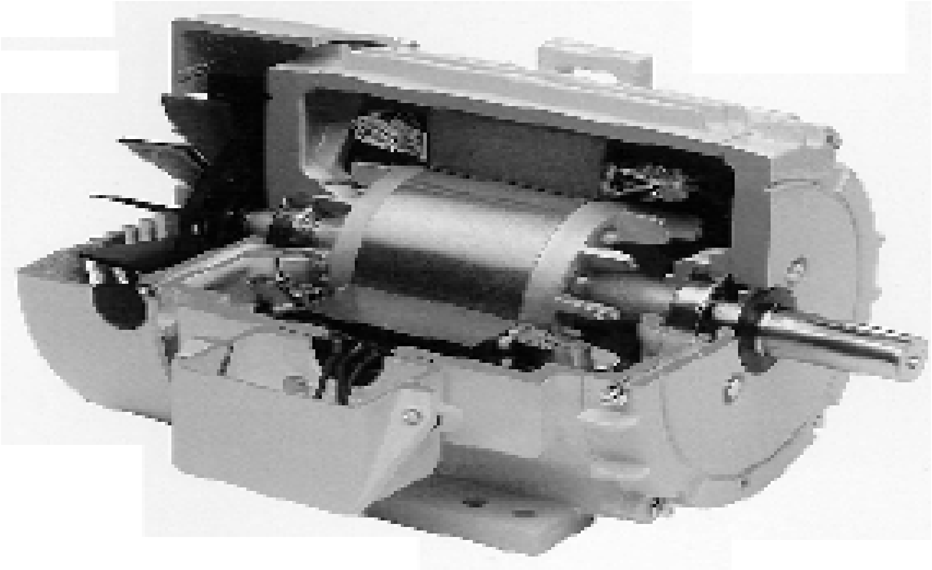
تتعدد المحركات الكهربائية في الحياة العملية من حيث أحجامها واستخداماتها فنجد منها المحركات صغيرة الحجم المستخدمة في لعب الأطفال ، وتتدرج في الحجم لتشمل المحركات المستخدمة في الأغراض المنزلية ، وتنتهي بالمحركات كبيرة الحجم أو العملاقة والمستخدمة في مختلف الأغراض الصناعية ، ويمكن تصنيفها كالتإلى :

- **محركات التيار المستمر DC Motors :** والتي تستخدم بصورة رئيسة كمحركات كهربائية في منظومات القيادة والتحكم التي تتطلب تنظيم سرعة الدوران في حدود واسعة ، مثل وسائل النقل البحرية، القطارات، وحدات دلفنةالمعادن، عناصر نقل الحركة في عربات الشحن الضخمة، آلات الرفع والحفر، آلات معالجة المعادن وغيرها .

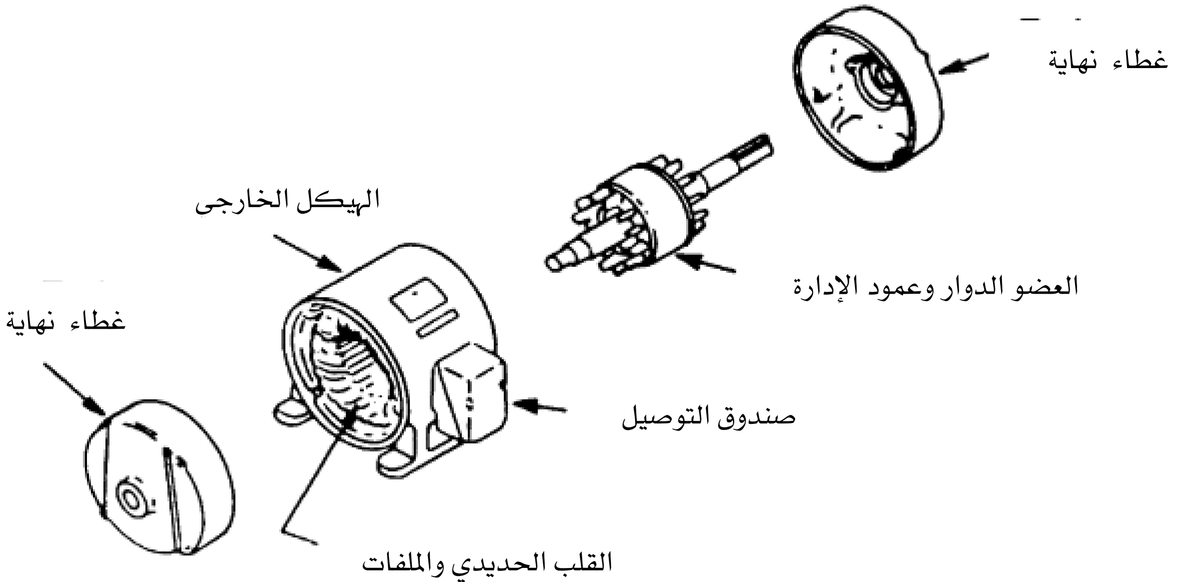


شكل (٥- ٢) – قطاع في أحد محركات التيار المستمر

- **محركات التيار المتردد الاستنتاجية أو التحريضية AC Induction Motors** : والتي تستخدم بشكل رئيس كمحركات كهربائية ثلاثية الأوجه ، ويمكن بفضل بساطة تركيب هذه المحركات وموثوقيتها العالية استعمالها في مختلف مجالات الصناعة لتدوير آلات التشغيل المختلفة وآلات الرفع والحفر والضواغط والمرأوح ..... الخ .

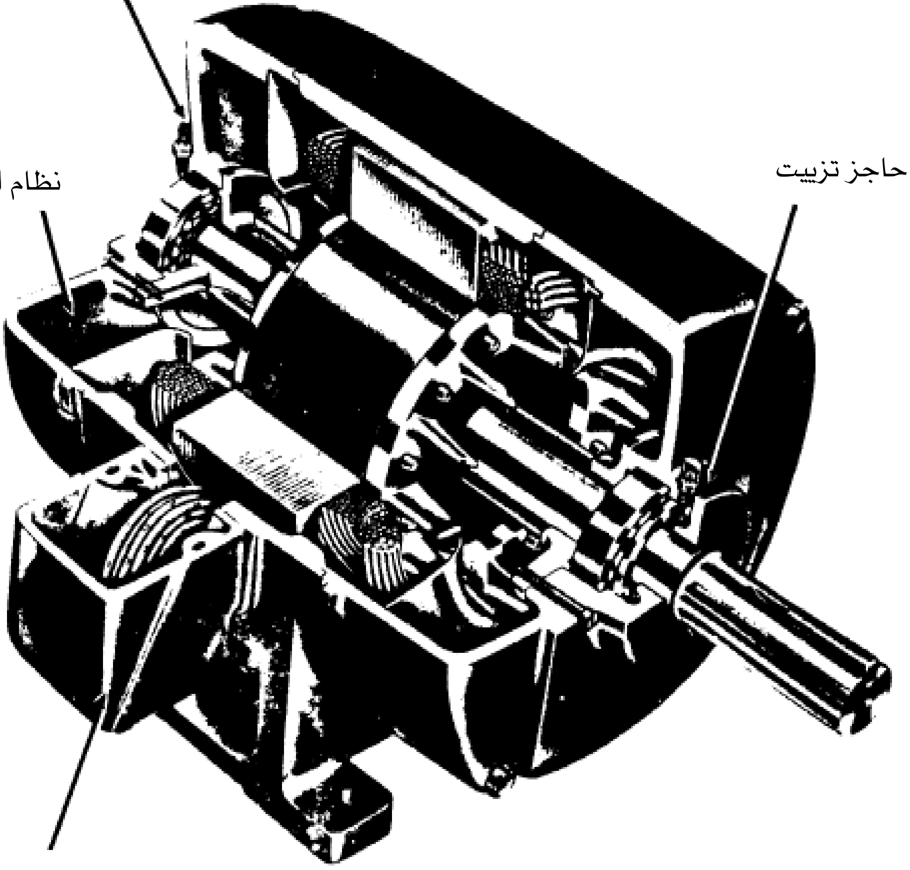


شكل (٥- ٣) – قطاع في أحد محركات التيار المتردد الاستنتاجية



شكل (٥- ٤) – المفردات الأساسية لمحركات التيار المتردد الاستنتاجية

- **محركات التيار المتردد التزامنية AC Synchonous Motors** : والتي تستخدم بشكل رئيس في منظومات القيادة والتحكم الكهربائية ذات القدرة الكبيرة ، أو كمعوضات للقدرة غير الفعالة (المفاعلة) في منظومات وشبكات النقل الكهربائي بهدف تحسين معامل القدرة أو التحكم في مستوى الجهد أو تحسين استقرار هذه المنظومات .

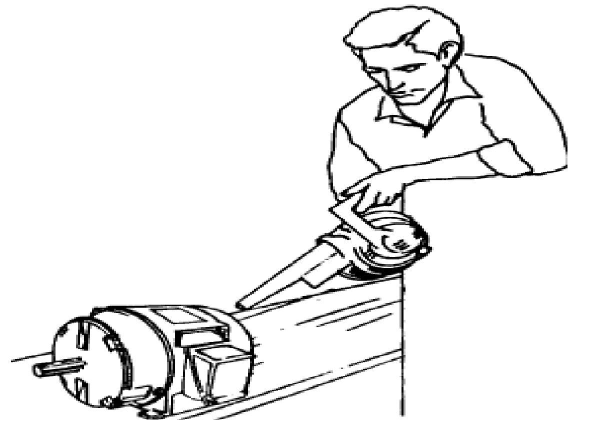


شكل (٥- ٥) – قطاع في أحد محركات التيار المتردد التزامنية

وسوف نتناول في هذا الفصل الإجراءات المتبعة في صيانة المحركات الكهربائية عالية القدرة والمستخدمة في الأغراض الصناعية أو ما شابهها ، ومن الجدير بالذكر أن هذه المحركات تزود بلوحة اسمية Name plate معدنية مثبتة على هيكلها الخارجي يشار في هذه اللوحة عادة إلى طراز المحرك ومعطياته الاسمية التي تؤخذ كأساس لتحديد شروط عمل هذا المحرك ومواصفاته أثناء التصميم ، وتشمل هذه المعطيات قدرة المحرك ، جهد التشغيل ، التيار المقنن ، سرعة الدوران ، التردد ، عدد الأوجه ، معامل القدرة ونظام التبريد ، كما يشار في اللوحة الاسمية إلى الجهة الصانعة وتاريخ إنتاج المحرك ودرجة العازلية وبعض المعلومات الإضافية التي تلزم عند التركيب والاستخدام مثل الوزن ، طريقة توصيل الملفات ... الخ .

على كل حال يمكن القول بأن المدخل الرئيس لتقليل مشاكل وصعوبات تشغيل المحركات هو الفحص الدوري وإجراء الصيانة لهذه المحركات ، مع مراعاة أن تكرار عمليات الفحص والصيانة تعتمد بشكل أساسي على مجالات استخدام هذه المحركات ، ويكتفي بإدراج المحرك ضمن برامج الصيانة الدورية للآلات الدوارة ، إلا أن بعض المحركات يجب أن تأخذ بعض الاهتمام خاصة عندما يؤثر تشغيل هذه المحركات على صحة العاملين أو إجراءات السلامة أو انخفاض في الإنتاج أو ماشابه . ومن أهم الفحوصات الدورية التي يجب أن تجرى على المحركات مايلي :

١. فحص المحرك ضد التلوث والصدأ : حيث يؤدي تراكم الملوثات إلى انسداد مجاري التهوية للمحرك وارتفاع في درجة حرارته ، كما يؤدي ظهور الصدأ في المحركات إلى الانهيار التدريجي لعزل المحرك .

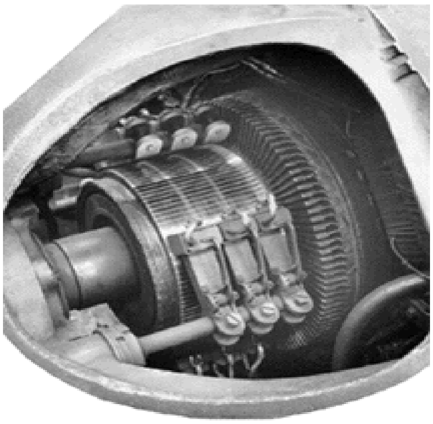


شكل (٥- ٦) – مثال لإزالة الملوثات من المحرك عن طريق النفخ

٢. فحص كراسي المحأور أو الجلب أو رولمان البلي وتزييتها : حيث تؤثر هذه العناصر على ظهور ضوضاء عند تشغيل المحرك وحدوث ذبذبة ميكانيكية مصحوبة بارتفاع في درجة الحرارة ، مع مراعاة تجنب زيادة التزييت حتى لا يتراكم زيت أو شحم التزييت على ملفات المحرك وبالتإلى زيادة فرصة تراكم الملوثات داخل المحرك .

٣. فحص عزل الملفات : عندما تظهر سجلات الفحص احتمال تعرض عزل المحرك للانهيار ، فإنه يجب فحص واختبار عزل ملفات المحرك عن طريق قياس مقأومة العزل لهذه الملفات ، ويعتبر هذا الاختبار ضرورياً للمحركات التي تعمل في أجواء رطبة أو في درجات حرارة عإلية أو في وسط يشجع على الصدأ .

٤. فحص الفرش الكربونية في حالة محركات التيار المستمر أو المحركات التزامنية أو المحركات الاستنتاجية ذات العضو الدائر الملفوف ، وتغيير الفرش التي تتآكل لتلافي ظهور الشرر الكهربي بين هذه الفرش والأسطح التي تنزلق عليها مما قد يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة المحرك واحتمالية انهيار عزل الملفات .



شكل (٥- ٧) - الفرش الكربونية وقطاعات عضو التوحيد في محركات التيار المستمر وكذلك حلقات الانزلاق في المحركات الأخرى .

ويمكن تلخيص الأعطال الشائعة للمحركات المختلفة وأسبابها في الجدأول التالية :

محركات التيار المتردد الاستنتاجية أو التحريضية AC Induction Motors

العطل	أسبابه
عدم القدرة على بدء الحركة	١. انهيار مصهرات الحماية ٢. فتح في دائرة أحد الأوجه ٣. زيادة الحمل
ارتفاع درجة حرارة المحرك	١. زيادة الحمل ٢. انسداد أو ضيق في مجاري التهوية ٣. حدوث قصر بين ملفات العضو الثابت ٤. انخفاض الجهد المسلط على المحرك ٥. ارتفاع الجهد المسلط على المحرك ٦. انخفاض التردد ٧. فتح (دائرة مفتوحة) في ملفات العضو الثابت ٨. فتح في دائرة أحد الأوجه ٩. اتصال أرضي لملفات العضو الثابت ١٠. احتكاك بين كل من العضو الثابت والدائر ١١. ثغرة هوائية غير منتظمة
بطء دوران المحرك أثناء التشغيل	١. زيادة الحمل ٢. انخفاض الجهد المسلط على المحرك ٣. انخفاض التردد ٤. انكسار قضبان دائرة العضو الدائر ٥. اتصال أرضي لملفات العضو الثابت ٦. فتح (دائرة مفتوحة) في ملفات العضو الثابت ٧. فتح في دائرة أحد الأوجه

محركات التيار المتردد التزامنية AC Synchonous Motors

العطل	أسبابه
عدم القدرة على بدء الحركة	١. انهيار مصهرات الحماية ٢. فتح في دائرة أحد الأوجه ٣. زيادة الحمل ٤. انخفاض الجهد المسلط على المحرك
ارتفاع درجة حرارة المحرك	١. زيادة الحمل ٢. انسداد أو ضيق في مجاري التهوية ٣. حدوث قصر بين ملفات العضو الثابت ٤. فتح (دائرة مفتوحة) في ملفات العضو الثابت ٥. ارتفاع الجهد المسلط على المحرك ٦. اتصال أرضي لملفات العضو الثابت ٧. ضبط تيار المجال عند قيمة منخفضة جدا ٨. ضبط تيار المجال عند قيمة مرتفعة جدا ٩. احتكاك بين كل من العضو الثابت والدائر ١٠. ثغرة هوائية غير منتظمة
زيادة سرعة دوران المحرك	١. زيادة التردد
بطء دوران المحرك أثناء التشغيل	١. انخفاض التردد
خروج المحرك من حالة التوافق	١. زيادة الحمل ٢. فتح في دائرة المجال ٣. انعدام جهد تغذية المجال ٤. فتح في دائرة مقأومة تنظيم المجال ٥. ضبط مقأومة تنظيم المجال عند قيم عالية

تابع : محركات التيار المتردد التزامنية AC Synchonous Motors

العطل	أسبابه
عدم القدرة على إتمام التوافق	١. ضبط تيار المجال عند قيمة منخفضة جدا ٢. فتح في دائرة المجال ٣. انعدام جهد تغذية المجال ٤. فتح في دائرة مقأومة تنظيم المجال
التذبذب الميكانيكي الشديد	١. خروج المحرك من حالة التوافق ٢. فتح في دائرة ملفات المنتج ٣. فتح في دائرة أحد الأوجه ٤. التواء أو عدم ضبط عمود الإدارة

أسئلة وتمارين

١. اذكر أنواع المولدات المستخدمة في محطات التوليد المختلفة
٢. اشرح بإيجاز خطوات فحص واختبار المولدات في محطات التوليد
٣. اذكر أنواع المحركات الكهربائية المستخدمة في الأغراض الصناعية
٤. اشرح باختصار أهم الفحوصات الدورية التي تجرى على المحركات الكهربائية
٥. اذكر أهم الأعطال التي تتعرض لها المحركات الاستنتاجية
٦. اذكر أهم الأعطال التي تتعرض لها المحركات التزامنية
٧. اذكر أهم أسباب عدم قدرة المحرك الاستنتاجي على بدء الحركة
٨. اذكر أهم أسباب ارتفاع درجة حرارة المحرك الاستنتاجي أثناء التشغيل
٩. اذكر أهم أسباب انخفاض سرعة أو بطء المحرك الاستنتاجي أثناء الدوران
١٠. اذكر أهم أسباب عدم قدرة المحرك التزامني على بدء الحركة
١١. اذكر أهم أسباب ارتفاع درجة حرارة المحرك التزامني أثناء التشغيل
١٢. اشرح تأثير تغير التردد على سرعة المحرك التزامني أثناء الدوران
١٣. اذكر أهم أسباب التذبذب الميكانيكي للمحرك التزامني
١٤. اذكر أهم أسباب عدم قدرة المحرك التزامني على إتمام التوافق

المراجـع

- Testing, Commissioning, Operation & Maintenance of Electrical Equipment, S. Rao, Khanna Publishers, Delhi, 2002.
- Power System Commissioning and Maintenance Practice, K. Harker, IEEE, 1998.
- Power Station Maintenance, Professional Engineering Publishers, Wiley Publishers, 2000.
- Electrical Power system Technology, S.W. Fardo and D.R. Patrick, Butterworth-Heinemann, 1997.
- Standard Handbook for Electrical Engineers, McGraw Hill.

المحتويات

الفصل الأول : مقدمة عن أهمية الصيانة ٢
١- ١ : لماذا نقوم بالصيانة ٤
١- ٢ : تخطيط برامج الصيانة ٥
١- ٣ : مراجعة لعناصر منظومات القوى ونظم توزيع القدرة ٦
١- ٤ : إعتبارات الصيانة ومتطلباتها ١٠
الفصل الثاني : صيانة محطات التحويل الكهربائي ١٥
٢- ١ : وظائف محطات التحويل ١٥
٢- ٢ : أنواع محطات التحويل الفرعية ١٥
٢- ٣ : خطوات الصيانة لمحطات التحويل ١٦
٢- ٤ : عزل المحطة كهربائيا ١٨
٢- ٥ : استخدام لوحات التحذير ١٩
٢- ٦ : صيانة محولات القدرة الكهربائية ٢٠
٢- ٧ : صيانة القواطع الكهربائية ٣١
٢- ٨ : صيانة محولات القياس والحماية ٣٨
٢- ٩ : صيانة أجهزة الحماية ٤٠
٢- ١٠ : صيانة البطاريات (دوائر التيار المستمر) ٤٢
٢- ١١ : صيانة قضبان التوزيع ٤٦
٢- ١٢ : صيانة عوازل المحطة ٤٧
٢- ١٣ : فحص أجهزة الانذار ٥٠
٢- ١٤ : فحص دوائر وصناديق التأريض ٥١
٢- ١٢ : إعادة توصيل المحطة للخدمة ٥٣
الفصل الثالث : صيانة خطوط النقل الكهربائية وعوازلها ٥٨
٣- ١ : صيانة خطوط النقل الكهربائي ٦١
٣- ١- ١ : صيانة الخطوط تحت الجهد ٦١
٣- ١- ٢ : صيانة الخطوط المفصولة ٦٥
٣- ٣ : صيانة عوازل خطوط النقل ٦٦
الفصل الرابع : صيانة الكيابل الأرضية ٧٥
٤- ١ : مقدمة ٧٥
٤- ٢ : مكونات الكيابل الأرضية ٧٧
٤- ٣ : تصنيف الكيابل الأرضية ٧٩
٤- ٤ : طرق مد الكيابل الأرضية ٨٠
٤- ٥ : أسس صيانة الكيابل الأرضية ٨٣

الفصل الخامس : صيانة المولدات والمحركات الكهربائية ٩٥
٥- ١ : صيانة المولدات الكهربائية ٩٥
٥- ٢ : صيانة المحركات الكهربائية ٩٧
المراجع ١٠٦